

Міністерство освіти і науки України
**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ЗАПОРІЗЬКА ПОЛІТЕХНІКА»**

АРТЮХ О. М.

Навчальний посібник

ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ АВТОМОБІЛЕБУДУВАННЯ

для студентів спеціальності 133
«Галузеве машинобудування»
(«Експлуатація, випробування та сервіс
автомобілів та тракторів»),
усіх форм навчання

ЧАСТИНА 3



2024

УДК 629.33.023 (075.8)

А 86

*Рекомендовано до друку Вченою радою
Національний університет «Запорізька політехніка»
(Протокол № 7 від 5.03.2024 р.)*

Рецензенти:

Крайник Л. В. – д.т.н., професор, кафедри автомобілів і тракторів Львівського національного університету природокористування (м. Дубляни).

Монастирський Ю. А. – д.т.н., професор, завідувач кафедри автомобільного транспорту «Криворізького національного університету» (м. Кривий Ріг).

Таран І. О. – д.т.н., професор, завідувач кафедри «Управління на транспорті» Національного ТУ «Дніпровська політехніка» (м. Дніпро).

А 86 **Артюх О. М.** Технологічні основи автомобілебудування.
Частина 3 : навч. посібник. Запоріжжя : НУ «Запорізька
політехніка», 2024. – 408 с.

ISBN 978-617-529-446-8

Навчальний посібник призначений для вивчення студентами процесів проектування, технологій і процесів виготовлення деталей, а також складання вузлів автомобілів, включаючи виробництво кузовів. У даному посібнику наведені основні відомості з класифікації, формотворчих рухів, основних вузлів, устрою ЧПУ металорізальних верстатів. Розглянуто питання налагодження верстата з ЧПУ на виконання технологічної операції. Описані корекції при обробці на верстатах і їх вплив на витримувани технологічні розміри. Велика увага приділяється забезпеченню заданої точності обробки деталей і якості продукції в цілому. Розглянуто методи оптимізації виробництва та підвищення його ефективності. Посібник призначений для студентів які навчаються за спеціальністю 133 Галузеве машинобудування.

УДК 629.33.023 (075.8)

ISBN 978-617-529-446-8

© Національний університет
«Запорізька політехніка», 2024
© **Артюх О. М.**, 2024

ЗМІСТ

Частина 3

Вступ	619
Тема 11. Основи технічного нормування у машинобудуванні.....	622
11.1 Поняття про технічні норми часу та норми виробітку ..	622
11.2 Цілі та завдання технічного нормування	625
11.3 Зв'язок технічного нормування з технологією, організацією, плануванням виробництва, заробітною платою та собівартістю продукції	626
11.3.1 Технічне нормування та технологічні процеси виготовлення виробів.....	626
11.3.2 Технічне нормування та організація праці.....	627
11.3.3 Технічне нормування та оплата праці	627
11.3.4 Технічне нормування та заводське планування на виробництві.....	628
11.3.5 Технічне нормування та собівартість продукції	629
11.4 Методи нормування.....	630
11.5 Класифікація витрат часу на робочому місці.....	634
11.6 Структура норми часу та її елементи	639
11.7 Основна формула технологічного часу та її перетворення для різних верстатних робіт	641
11.8 Визначення допоміжного часу	644
11.9 Визначення часу обслуговування робочого місця	645
11.10 Визначення підготовчо–заключного часу.....	646
11.11 Визначення часу на відпочинок та природні потреби ...	646
11.12 Нормування робіт при багатOVERстатному обслуговуванні.....	647
11.13 Загальні положення щодо економічної оцінки технологічних процесів механічної обробки	659
11.14 Критерії для оцінки техніко–економічної ефективності технологічних процесів механічної обробки.....	660
Питання для самоперевірки.....	662
Тема 12. Методика вибору способів обробки поверхонь деталей і комповновки технологічних операцій процесу виготовлення деталі	664

12.1	Визначення послідовності виконання операції.....	664
12.2	Види та форми технологічних карт.....	671
12.3	Порядок заповнення маршрутної та операційної карт ..	672
12.4	Оформлення карт операційних ескізів	683
12.5	Проектування маршрутних технологічних процесів складання вузлів і машин	690
12.6	Послідовність проектування технології складання	691
12.7	Розмірний аналіз конструкцій під час складання	692
12.7.1	Методи досягнення точності замикальної ланки.....	692
12.8	Складальні розмірні ланцюги.....	693
12.9	Методи розрахунку розмірних ланцюгів	698
12.9.1	Основні розрахункові формули	700
12.10	Послідовність розрахунків розмірних ланцюгів (пряме завдання)	703
12.11	Створення схеми складання	706
12.12	Проектування маршрутної технології.....	710
	Питання для самоперевірки.....	715
Тема 13.	Технологічні особливості виготовлення агрегатів та вузлів автомобілів	717
13.1	Виготовлення деталей типу корпусів.....	720
13.1.1	Загальні відомості про деталі типу корпусів.....	720
13.2	Технологічність конструкції деталей типу корпусів	725
13.3	Загальні технологічні особливості деталей типу корпусів.....	728
13.3.1	Технологічні особливості поршнів.....	730
13.3.2	Технологічні особливості головок блоків	735
13.3.3	Технологічні особливості блоків циліндрів	737
13.4	Виготовлення заготовок для деталей типу корпусів.....	738
13.5	Контроль заготовок деталей типу корпусів	745
13.6	Загальні зауваження про механічну обробку деталей типу корпусів	747
13.7	Особливості механічної обробки поршнів	757
	Питання для самоперевірки.....	760
Тема 14.	Технологічні особливості виготовлення деталей двигунів внутрішнього згорання	761
14.1	Обробка блоків двигунів.....	761
14.1.1	Обробка блоків із застосуванням автоматичних ліній	766

14.1.2	Обробка отворів у блоках	773
14.1.3	Обробка головок блоків двигунів	778
14.2	Технологічні особливості конструкцій колінчастих валів	779
14.2.1	Виготовлення заготовок колінчастих валів	783
14.2.2	Механічна обробка колінчастих валів	786
14.2.3	Балансування колінчастих валів	800
14.2.4	Контроль колінчастих валів	802
14.3	Виготовлення шатунів	802
14.3.1	Технологічні особливості конструкцій шатунів	802
14.3.2	Виготовлення заготовок шатунів	805
14.3.3	Механічна обробка шатунів	808
14.3.4	Контроль шатунів	811
	Питання для самоперевірки	815
Тема 15	Технологія виготовлення кузовів і кабін автомобілів	817
15.1	Штамповка кузовних деталей	824
15.1.1	Матеріали використовувані для виготовлення кузовних деталей	824
15.1.2	Загальна характеристика кузовних деталей	828
15.1.3	Основи розроблення технологічних процесів штампування	837
15.1.4	Технологія штампування і застосовуване штампувальне оснащення	857
15.1.5	Обладнання, засоби механізації та автоматизації	863
15.1.6	Точність штапованих деталей	875
15.1.7	Організація робіт у пресових цехах	880
15.2	Складання–зварювання	883
15.2.1	Особливості з'єднань деталей у кузові та види зварювання	884
15.2.2	Розробка технологічних процесів складання–зварювання	896
15.2.3	Обладнання та організація робіт у цехах складання–зварювання	902
15.2.4	Встановлення навісних складальних одиниць	927
15.2.5	Контроль якості	932
15.3	Фарбування та нанесення спеціальних покриттів	937
15.3.1	Матеріали покриттів	938
15.3.2	Підготовка до фарбування	940

15.3.3	Технологія нанесення лакофарбових і спеціальних покриттів	943
15.3.4	Сушіння	959
15.3.5	Контроль якості.....	964
	Питання для самоперевірки.....	968
Тема 16.	Складання автомобілів як завершальний етап їх виготовлення.....	970
16.1	Особливості складальних процесів, методи забезпечення надійності якості виробу	976
16.1.1	Побудова складальних операцій.....	981
16.1.2	Організація складання.....	983
16.1.3	Технічний контроль	985
16.1.4	Випробування.....	985
16.2	Види складальних з'єднань. Засоби механізації складальних операцій	987
16.3	Автоматизація складальних процесів та агрегатно-модульний метод компонування обладнання	995
16.3.1	Розвиток транспортних систем ліній складання	1002
16.3.2	Ускладнення структур і компоновок НСЛ.....	1002
16.3.3	Модульний принцип	1004
16.3.4	Гнучкі складальні центри	1006
16.4	Основи проектування автоматизованих процесів складання	1012
16.4.1	Вибір раціонального маршруту складання	1012
16.4.2	Вибір раціонального маршруту складання виробу .	1013
16.4.3	Вибір рівня автоматизації процесу складання та структурно-компоновальних схем обладнання.....	1015
	Питання для самоперевірки.....	1015
	Література	1017

ВСТУП

В усьому світі саме автомобілебудування вважається провідною галуззю машинобудування, що чинить істотний вплив на розвиток низки суміжних галузей та економіку країн загалом. Такі галузі промисловості, як металургійна, нафтохімічна, приладобудівна, електротехнічна та електронна, текстильна, гумовотехнічна тісно пов'язані з виробництвом автомобілів, тому розвиток автомобілебудування сприяє створенню нових робочих місць, нових підприємств, а, отже, стимулює технічний прогрес загалом.

Сьогодні в автомобілебудуванні зайнято понад 50 млн. осіб у світі, понад 120 млн. осіб працюють у суміжних виробництвах. У США, наприклад, кожен шостий, хто працює в промисловості, а це приблизно 12,5 млн. осіб, прямо чи опосередковано пов'язаний із виробництвом, продажем, експлуатацією, технічним обслуговуванням автомобілів. Щорічні інвестиції в автомобілебудування США перевищують 30 млрд. дол. США.

Саме автомобілебудування сприяло перетворенню США, Японії, Франції, Італії, Англії, Південної Кореї на високорозвинені промислові країни. Зараз цим шляхом ідуть Чехія, Словаччина, Китай, Іспанія та інші країни, оскільки саме виробництво автомобілів, крім зайнятості населення, ще й підвищує товарообіг, зміцнює грошову систему, сприяє створенню нових товарів і послуг.

Автомобілебудування має особливе значення для розвитку економіки тому що, одне робоче місце на автомобільному заводі створює щонайменше 8 робочих місць у суміжних галузях. Таким чином, розвиток автомобілебудування має не просто галузеве, а державне значення.

Автомобілебудування, також як авіакосмічна галузь і військово–промисловий комплекс, є тією галуззю, де споживають і розробляють наукомісткі технології, а за умов масового виробництва – автомобілебудування навіть перевершує інші передові галузі виробництва.

Успішна реалізація продукції на світовому ринку залежить від конструкції, експлуатаційних параметрів і якості автомобілів, тобто від технічного рівня самої галузі машинобудування. Тому зусилля фахівців, що працюють в автомобілебудуванні країни, мають бути спрямовані не тільки на збільшення випуску, а насамперед на

забезпечення надійності, безпеки, довговічності автомобілів, скорочення матеріалоемності, трудомісткості та енерговитрат під час виготовлення, зниження собівартості продукції, підвищення екологічної безпеки під час експлуатації та подальшої утилізації машин.

Ці проблеми вирішуються шляхом розроблення досконалих конструкцій автомобілів, застосування досконалих технологій під час їхнього створення та раціональних методів організації й управління виробничими процесами.

Удосконалення конструкцій машин потребує і безперервного вдосконалення технології їхнього виробництва, застосування сучасного високопродуктивного устаткування, новітніх засобів механізації та автоматизації виробничих процесів. Від технології виробництва багато в чому залежить надійність продукції, що випускається, та її собівартість.

Вивчення і використання функціональних, конструктивних і технологічних параметрів автотранспортних засобів під час проектування дасть змогу конструкторам знизити трудомісткість їхнього виготовлення, скоротити строки освоєння і постановки виробництва нової продукції.

Конструктор має вміти використовувати новітні досягнення науки і техніки для отримання найкращих параметрів виробу з найменшими витратами під час його виготовлення. Для цього слід орієнтуватися на маловідходні виробництва, застосування сучасних технологій і автоматизованих засобів підготовки виробництва.

Особливість автомобілебудування полягає в тому, що за великосерійного характеру виробництва та численності модифікацій машин існує необхідність швидкої зміни моделей для підвищення конкурентоспроможності продукції, що слід враховувати ще на стадіях проектування технологічних ліній виробництва, розроблення конструкції автомобіля та його вузлів.

Поділ завдань проектування і виробництва виробів уже не відповідає вимогам сьогодення, оскільки не може забезпечити ні високої якості проектів, ні сучасного рівня організації виробництва.

Зараз проектування виробів, технологій їх виготовлення і підготовка виробництва ведуться практично одночасно. У процесі проектування виробів виокремлюється основна інформація, яка одночасно використовується для розроблення технологічних процесів,

підготовки та організації виробництва. Особливо цьому сприяє використання потужної комп'ютерної техніки. Паралельне розроблення різних етапів проектування вимагає від проєктанта хороших технологічних знань. Виникає необхідність у підготовці висококваліфікованих фахівців з проектування зі знаннями технологічної науки. Тому у цьому посібнику увага приділяється питанням взаємозв'язку конструкції виробів з методами обробки деталей та їх складання.

З огляду на швидкозмінні вимоги ринку необхідно забезпечувати не тільки високу продуктивність технологічного обладнання, а й можливість його переналагодження під наступне покоління розроблюваних автомобілів. У зв'язку з цим сьогодні велика увага приділяється створенню автоматизованих виробничих систем, які можна переналагоджувати і реконфігурувати.

До появи гнучких систем, автоматизація виробничих процесів обмежувалася, в основному, масовим виробництвом. Однак зі зменшенням життєвого циклу автомобілів унаслідок науково-технічного прогресу і зі збільшенням номенклатури продукції, що виготовляється, виникла потреба у створенні таких виробництв, які забезпечували б виготовлення деталей невеликими партіями за умови збереження продуктивності, якості та собівартості, притаманних багатосерійному виробництву, тобто створювали б умови для розвитку реконфігуруємих виробничих систем, на основі яких будувалися би нові сучасні машинобудівні заводи.

Такі автоматизовані системи проєктування і виготовлення виробів особливо ефективні в умовах динамічного виробництва, пов'язаного з багаторазовими переналагодженнями технологічного обладнання.

Кадрові та сировинні ресурси України, її величезний науково-технічний потенціал можуть стати базою створення високоєфективних конструкцій автомобілів нових поколінь, сучасних виробничих та інформаційних технологій.

Всі ці питання знайшли відображення в цьому посібнику.

ТЕМА 11. ОСНОВИ ТЕХНІЧНОГО НОРМУВАННЯ У МАШИНОБУДУВАННІ

11.1 Поняття про технічні норми часу та норми виробітку

Нормою праці називається кількість праці, яка має бути витрачена виконання заданої роботи. Нормування праці полягає в тому, щоб встановити час, протягом якого має бути виконано роботу.

Час, заданий робочому на виготовлення одиниці виробленої продукції, називається **нормою часу**. Визначення таких норм і є завданням нормування праці.

Вивченням методів встановлення норм часу займається окрема дисципліна, яка називається **технічним нормуванням**. Технічне нормування в машинобудуванні, в даному лекційному курсі ми розглядатимемо як частину технології машинобудування.

На виробництві часто, крім норм часу, мають справу з нормами виробітку. **Нормою виробітку** називається завдання на виготовлення одиниць продукції (штуки, кілограми тощо) в одиницю часу (робочу зміну, годину).

Позначимо $t_{ш}$ – норма часу, хв, на 1 деталь. Тоді норма виробітки $H_{вир}$ за зміну буде:

$$H_{вир} = \frac{T_{см}}{t_{ш}}, \quad (11.1)$$

де $T_{см}$ – тривалість робочої зміни, хв.

Якщо норма часу $t_{ш}$ знижується на «х» відсотків, то норма вироблення, відповідно збільшується на «у» відсотків.

Нехай $H_{вир1}$ і $H_{вир2}$ – відповідно норма виробітку до зниження штучного часу і норма виробітку після цього зниження; $t_{ш1}$ і $t_{ш2}$ – норма штучного часу до зниження і після зниження відповідно:

$$H_{вир2} = H_{вир1}(1 + y/100); \quad t_{ш2} = (1 - x/100)t_{ш1}; \quad (11.2)$$

$$H_{вир2} = 400/t_{ш2}, \quad (11.3)$$

або

$$H_{\text{выр}} \left(1 + \frac{y}{100} \right) = \frac{400}{t_{\text{шл}} \left(1 - \frac{x}{100} \right)}. \quad (11.4)$$

Спростуючи та вирішуючи рівняння щодо y , отримаємо:

$$\frac{400}{t_{\text{шл}}} \left(1 + \frac{y}{100} \right) = \frac{400}{t_{\text{шл}} \left(1 - \frac{x}{100} \right)}; \quad 1 - \frac{y}{100} = \frac{1}{1 - \frac{x}{100}}; \quad y = \frac{100}{(100 - x)} - 1$$

або остаточно

$$y = \frac{100x}{100 - x}. \quad (11.5)$$

Норми часу і норми виробітку іноді встановлюють на основі досліду. Нормування за «дослідними» даними має істотні недоліки:

- такі норми часу відображають те, що досягнуто у минулому;
- дослідні норми – це суб'єктивні норми, тобто. вони певною мірою залежать від суб'єктивних даних того, хто їх визначає. Вони не базуються на обліку фактичних виробничих можливостей та даних науки.

Нормування праці повинно здійснюватися на основі використання досягнень науки і техніки, які не тільки підвищують продуктивність праці, але і полегшують працю робітника, на зростанні свідомого ставлення робітника до своєї праці. На цій основі створюються нові прогресивні форми організації праці, нові методи та прийоми роботи, встановлюються прогресивні режими роботи обладнання.

Наукове нормування процесу праці прийнято називати **технічним нормуванням**. Норми часу, встановлені цим способом, називаються **технічними нормами часу**.

Технічні норми, що встановлюються на підприємствах, мають бути передовими та прогресивними. Вони мають базуватися на:

- безперервному прогресі техніки виробництва (механізації, автоматизації, електрифікації виробничих процесів, застосуванні високопродуктивних машин, передових технологій тощо);

- безперервному зростанні культурно–технічного рівня робітників, їх ставленню до праці, що виявляються у розвитку творчої ініціативи, у виникненні нових форм організації праці;
- безперервному вдосконаленні та підвищенню ефективності форм організації праці та виробництва (покращення організації робочих місць, виділення допоміжних функцій, впровадження потокових методів тощо.).

Технічно обґрунтованою нормою часу (технічною нормою часу) називається норма, встановлена розрахунковим шляхом з урахуванням:

- застосування раціональної, передової для даного типу та характеру виробництва технології;
- максимально високого та економічно доцільного використання верстата, інструменту та пристроїв;
- раціональної організації виробництва, яка враховує досвід передовиків виробництва;
- визначення витрат часу за окремими робочими прийомами та елементами робочих прийомів з використанням прогресивних норм ативів на режим роботи обладнання та тривалість робочих прийомів.

Прогресивна норма встановлюється у розрахунку виконання її робітником, який повністю опанував техніку на своєму робочому місці, темп роботи якого вищий за середній. Норма часу, отже, має передбачати передового робітника, який забезпечує високий виробіток продукції, але не рекордсмена.

Освоєння технічних норм вимагає раціональної організації та своєчасного постачання робочого місця всім необхідним для безперебійної роботи. За такої організації не повинно бути ні втрат часу через простой обладнання та робітника, ні втрат на невиробничу роботу з причин організаційно–технічних неполадок.

Технічні норми часу, як було зазначено вище, встановлюються для передових і водночас реальних організаційно–технічних умов виробництва.

Так як ці умови не залишаються незмінними, а систематично змінюються та покращуються, то й технічні норми періодично мають переглядатися.

11.2 Цілі та завдання технічного нормування

Під технічним нормуванням слід розуміти встановлення шляхом розрахунку норм часу або норм виробітку в результаті перевірки та виявлення виробничих можливостей робочого місця та проектування регламенту найбільш продуктивної роботи.

Основним завданням технічного нормування процесів праці є виявлення та використання резервів зростання обсягу виробництва та забезпечення систематичного підвищення продуктивності праці на базі впровадження технічно обґрунтованих норм часу.

Предметом цієї дисципліни «Технічне нормування процесів праці» є розробка теорії та практики встановлення технічно обґрунтованих норм часу на основі вивчення, узагальнення та впровадження передових форм організації праці, що забезпечують найбільш раціональне використання робочого часу, засобів праці та предметів праці.

Визначення технічної норми базується на вирішенні комплексу взаємопов'язаних питань технології, економіки та організації виробництва. Особливості виробництва, які мають бути при цьому враховані, наступні:

- особливості даного типу виробництва, в якому здійснюється нормований процес праці;
- особливості застосовуваних у процесі знярядь праці (верстат, інструмент, пристосування);
- особливості предмета праці (оброблювана деталь, її розміри, конструкція, маса, точність тощо);
- конкретні форми організації праці на робочому місці;
- організація постачання робочого місця матеріалами, заготовками, інструментом тощо;
- технологічні умови, режими та прийоми роботи.

Таким чином, завдання технічного нормування, задачі встановлення технічних норм у виробництві вирішуються на основі виявлення внутрішнього зв'язку та взаємозумовленості нормованого процесу з усім виробництвом, його особливостями, факторами, серед яких першим та основним є люди, з окремими елементами організації суспільної праці на даному підприємстві, у цеху чи на ділянці.

Зміст технічного нормування, його основні положення і технічні норми не можна розглядати як щось незмінне. Вони перебувають у

стані безперервного руху та розвитку, оскільки безперервно змінюється і вдосконалюється техніка, організація виробництва та дедалі більше підвищується культурно–технічний рівень робітників та їхнє ставлення до праці. Поява нових машин, нових методів обробки, нових інструментів вимагає, як правило, встановлення не тільки нових норм, а й нових методів їх розрахунку.

Основним напрямом розвитку техніко-нормувальної теорії та практики є вивчення і розкриття нових джерел підвищення продуктивності праці, що виникають на підприємствах, на базі прогресивних зрушень у техніці та технології, на базі появи нових форм організації праці та виробництва.

11.3 Зв'язок технічного нормування з технологією, організацією, плануванням виробництва, заробітною платою та собівартістю продукції

11.3.1 Технічне нормування та технологічні процеси виготовлення виробів

Спроекований технологічний процес виготовлення виробів є вихідною базою технічного нормування. Встановлення норм часу щодо операцій є органічним продовженням роботи з проектування технологічного процесу.

Таким чином, зв'язок технічного нормування з технологічним процесом очевидний. Слід додати, що з визначення технічної норми часу на операції тісно пов'язані з проектуванням операції — розрахунками режимів різання на верстатах і проектуванням робочих прийомів (які прийоми й у якій послідовності повинні виконуватися на операції).

Вибір варіанта технологічного процесу має проводитися не тільки залежно від технологічних, а й від основних економічних вимог: рівня заданого підвищення продуктивності праці та зниження собівартості.

Технічне нормування, визначаючи величину витрат часу для різних варіантів технологічного процесу, сприяє вибору такого варіанту, при якому досягається найбільш високий комплексний техніко–економічний ефект.

11.3.2 Технічне нормування та організація праці

Щоб продуктивність праці систематично підвищувалася, необхідно поставити робітників у такі умови, які б давали можливість успішно працювати, покращувати якість продукції. Організація праці та нормування нероздільні між собою. Основні шляхи покращення організації праці наступні:

- розподіл процесу праці на операції;
- відокремлення кваліфікованої роботи від некваліфікованої;
- відокремлення підготовчих та підсобних робіт від основної роботи.

Проектування норми часу невіддільне від аналізу та проектування умов, у яких повинні виконуватися ці норми. Дослідження процесу праці та проектування оптимальних умов, за яких праця була б найбільш продуктивною, безпосередньо пов'язані з визначенням тривалості процесу, тобто з визначенням норми часу.

11.3.3 Технічне нормування та оплата праці

Зростання продуктивності праці тягне за собою зростання зарплати. Разом з тим підвищення матеріального добробуту працівників є однією з найважливіших передумов подальшого підйому продуктивності праці.

Система оплати праці стимулює зростання продуктивності праці, зростання кваліфікації робітника і, таким чином, є важелем у боротьбі за безперервне зростання продуктивності праці.

Відрядна форма оплати праці найповніше відбиває зазначений принцип. Відрядна оплата праці є в даний час основною та найпоширенішою системою заробітної плати.

Відрядна система оплати праці потребує:

- встановлення норми часу на заданий обсяг роботи;
- розрахунку на основі такої норми відрядної розцінки.

Відрядна розцінка за одиницю роботи розраховується за такою формулою:

$$P = t_{\text{ш}} \frac{C_{\text{ч}} K}{60}, \quad (11.6)$$

де P – відрядна розцінка за встановлену одиницю роботи

(наприклад, за 1 шт., за одну вагову одиницю тощо);

$t_{ш}$ – нормований час, хв, виконання оплачуваної одиниці роботи;

$C_{ч}$ – тарифна ставка відрядника, год, по 1–му розряду тарифної сітки;

K – тарифний коефіцієнт розряду виконуваної роботи з тарифної сітки.

Звідси видно значення якості встановлених норм для обґрунтованого визначення відрядної розцінки і, отже, для правильної організації заробітної плати робочих відрядників.

Визначення тарифного розряду роботи проводиться за тарифно–кваліфікаційними довідниками. Недоліки в галузі нормування праці та встановлення норм призводять до «зрівнялівки» в оплаті праці і, отже, до порушення принципу оплати за кількістю та якістю праці.

11.3.4 Технічне нормування та заводське планування на виробництві

На основі технічних норм часу визначаються і перевіряються, з точки зору ефективності використання, виробничі потужності цехів і заводів, розраховуються і обґрунтовуються виробничі програми цехів, ділянок і планові завдання для окремих робочих місць. На основі технічних норм часу визначається чисельність робітників та фонди заробітної плати.

На основі технічних норм визначаються розмір партій деталей, величини заділів, терміни запуску та випуску виробів, тривалість виробничого циклу, кількість необхідних верстатів, завантаження обладнання та виробничих площ.

Кількість верстатів, які потрібні для виконання програмного завдання, визначається наступним чином:

$$C = \frac{t_{ш} W}{F_g 60}, \quad (11.7)$$

де W – число деталей, оброблюваних на верстаті на рік (річне програмне завдання);

F_g – річний дійсний фонд часу роботи верстата, год.

$$F_g = 250 \cdot 8 m K_1, \quad (11.8)$$

де m – число змін роботи верстата на добу (норма – $m = 2$);

K_1 – коефіцієнт, що враховує неминучі простой з незалежних від виробництва причин, $K_1 = 0,95 \div 0,98$.

За підсумками технічних норм часу створюються оперативно-календарні плани, які забезпечують рівномірний, ритмічний випуск продукції. План із випуску продукції бригадою робочих чи окремим робочим за робочу зміну визначається з урахуванням технічних норм часу.

11.3.5 Технічне нормування та собівартість продукції

Технічне нормування помітно впливає на собівартість продукції і є важливим зброєю у боротьбі за систематичне зниження витрат виробництва.

Норми, встановлені технічним нормуванням, визначають рівень собівартості продукції, оскільки у собівартості продукції машинобудівного заводу заробітна платня має значну питому вагу. Величина ж заробітної плати на одиницю продукції визначається головним чином відрядними розцінками, рівень яких, як вище було зазначено, залежить від встановлених норм.

Собівартість продукції може бути визначена таким чином:

$$C = M + Z + H, \quad (11.9)$$

де M – вартість матеріалів, грн;

Z – заробітна плата робітників, які обробляють даний виріб на всіх операціях його виготовлення, грн;

H – накладні витрати, грн (амортизація будівель, споруд, обладнання, зарплата інженерно-технічних працівників, витрати на освітлення, опалення та ін.).

Заробітна плата може бути розрахована за формулою:

$$Z = Z_{\text{заг}} + Z_{\text{мех}} + Z_{\text{сбор}}, \quad (11.10)$$

де $Z_{\text{заг}}$ – зарплата робітників заготівельного цеху;

$Z_{\text{мех}}$ – зарплата робітників механічного цеху;

$Z_{\text{сбор}}$ – зарплата робітників складального цеху.

Цей вираз можна представити також в такому вигляді:

$$Z = \sum(z \cdot t_{\text{ш}})_i + \sum(z \cdot t_{\text{ш}})_k + \sum(z \cdot t_{\text{ш}})_j, \quad (11.11)$$

де i – кількість операцій у технологічному процесі виготовлення по заготівельному цеху;

k – те саме, по механічному цеху;

j – те саме, по складальному цеху;

z – вартість 1 хв роботи робітника на даній операції (заробітна плата за 1 хв);

$t_{\text{ш}}$ – штучний час обробки деталі на цій операції (норми часу).

Змінюючи $t_{\text{ш}}$, тобто норму часу, ми тим самим сприяємо зміні величини Z – однієї з доданків собівартості. З збільшенням випуску продукції (зі збільшенням продуктивності) зменшується величина H , що припадає на 1 виріб.

Зниження нормованих витрат робочого дня на одиницю продукції тягне за собою зростання продуктивності праці, яке позначається як на зменшенні витрат із виробничої зарплати, та й у зменшенні частки по цехових і загальнозаводських витратах у собівартості одиниці виробленої продукції. Зниження цих витрат визначається тим, що в результаті зростання продуктивності праці збільшується випуск продукції, і, отже, на одиницю продукції таких витрат менше.

11.4 Методи нормування

Існують два методи визначення норм часу: аналітичний (поелементний) і сумарний.

Аналітичний метод зустрічається двох різновидів: а) аналітичний розрахунковий та б) аналітичний дослідницький.

Сумарний метод має також кілька різновидів: дослідний; дослідно–статистичний; порівняльний.

Аналітичний метод нормування – це найбільш раціональний метод встановлення норм у виробництві. Встановлення технічної норми цим методом проводиться наступним чином.

1-й етап. Проводиться аналіз умов роботи та структури операції за складовими елементами, робочими прийомами та факторами, що впливають на тривалість елементів та операції в

цілому.

2-й етап. Виконується проектування складу та утримання операції за елементами на основі раціонального поєднання факторів, що впливають на тривалість як окремих елементів, так і всієї операції в цілому; вибір, розрахунок режиму різання всіх інструментів на верстаті, визначення змісту і послідовності всіх допоміжних прийомів операції.

3-й етап. Здійснюється розробка організаційно-технічних заходів, що забезпечують впровадження запроєктованих режимів, прийомів роботи та обслуговування робочого місця.

4-й етап. Проводиться визначення (розрахунок) дійсних у часі окремих елементів та операції загалом.

Визначення часу виконання операції здійснюється або розрахунком за нормативами, розробленими на окремі робочі прийоми та комплекси, або на основі даних, отриманих шляхом безпосереднього спостереження та вимірювання витрат часу на операцію у самому виробництві.

Перший спосіб визначення часу операції називається аналітичним розрахунковим, другий – аналітичним дослідницьким.

Кінцевою метою аналізу та проектування операції цими методами є встановлення такого режиму роботи та такої структури операції, які забезпечують більш коротку тривалість операції в цілому.

За аналітичного розрахункового методу нормування користуються **нормативами часу** окремих елементів роботи (операції). Нормативи ці розробляються для нормальних умов роботи та оформлюються у вигляді таблиць, графіків та номограм. Найбільше застосування має таблична форма нормативів.

Нормативи часу мають забезпечувати встановлення технічних норм часу, отже, вони мають будуватися з урахуванням передової техніки, технології, передового досвіду і систематично піддаватися коригуванням.

Аналітичний дослідницький метод відрізняється від аналітичного розрахункового тим, що вихідними даними для аналізу, проектування операції та визначення норм є дані дослідження операції та вимірювання витрат робочого часу в самому виробництві.

Аналітичний дослідницький метод нормування особливо цінний щодо прийомів роботи робочих новаторів виробництва, узагальнення і перенесення в інші робочі места.

Галузі застосування аналітичного методу нормування: масове, серійне (великосерійне) виробництво та одиначне виробництво з великою тривалістю операції, наприклад – важке машинобудування. За нетривалості операції в одиначному виробництві застосування аналітичного методу нормування внаслідок його трудомісткості нерациональне.

Сумарний метод нормування – метод, за якого норму часу встановлюють на всю операцію загалом без аналізу і розчленування її за складовими частинами. Неважко зрозуміти, що цей метод, не передбачаючи аналізу операції та її проектування, не є прогресивним, проте він знаходить застосування в одиначному і серійному (дрібносерійному) виробництві.

Дослідний метод. За дослідного методу норма часу визначається «на око» досвідченим нормувальником на основі накопиченого ним досвіду в результаті ознайомлення з роботою. Це ненауковий, суб'єктивний метод. Величина норми часу в цьому випадку залежить цілком від досвіду і суб'єктивних даних нормувальника. Чим швидше буде покінчено з таким методом нормування, тим краще.

Дослідно-статистичний метод. Норма часу визначається на основі записів у спеціальних журналах фактичної тривалості робіт, які виконувалися в цеху. У журналі фіксують:

- найменування деталі;
- ескіз деталі з основними розмірами;
- характеристика вихідної заготовки;
- зміст роботи, її сутність;
- верстат, на якому виконувалася робота;
- прізвище робітника;
- дата;
- фактично витрачений час.

Якщо така робота зустрінеться у майбутньому, можна визначити час, необхідний на її виконання, з урахуванням журнальних записів. Дослідно-статистичний метод – це крок уперед в порівнянні з дослідним методом.

Він заснований не на суб'єктивних даних нормувальника, а на об'єктивних статистичних даних тривалості виконаних робіт. Однак нормування за статичними даними – це орієнтація на вже досягнутий рівень продуктивності праці. Цей метод не може забезпечити

підвищення продуктивності.

Нормування шляхом порівняння. Оброблювані деталі класифікуються за ознаками однорідності чи подібності конструкції та технологічного процесу.

Для кожної групи відбирають кілька деталей – типових представників, що розрізняються, головним чином, основними розмірами. Для деталей типових представників розробляється на основі аналізу і проектування раціональний технологічний процес, який і приймається як типовий.

Типовий технологічний процес вказує перелік і послідовність операцій, переходи цих операцій, число переходів відповідно до нормальних припусків на обробку. Визначають групу обладнання, на якій мають виконуватися ці операції, інструмент і оснащення, що застосовуються.

За кожною операцією аналітичним методом розраховується норма часу. Таким чином, для кожної групи деталей за кількома (від 3 до 5) представниками встановлюється технологічний процес і визначаються норми часу. Норми часу для іншої деталі, що належить до цієї чи іншої групи, визначаються способом порівняння.

Деталь за операціями обробки, для якої встановлюють норму, порівнюють із типовим представником деталі цієї групи і, таким чином, виявляють дві деталі, близькі за основними параметрами (технологічний процес, розміри, матеріали тощо) до нормованої деталі, одна - менша за розмірами, інша - більша.

Із двох норм за цими двома деталями інтерполюється шукана норма часу. Нормативні матеріали для визначення норм часу за способом порівняння оформляють у вигляді графіків, таблиць і емпіричних формул.

Встановлення норми способом порівняння має місце головним чином в умовах одиничного і дрібносерійного виробництва за роботами відносно невеликої трудомісткості. В цих умовах:

- технологічні процеси розробляються укрупнено;
- незначна повторюваність робіт робить спеціальне вивчення та аналіз витрат часу на цю роботу економічно недоцільним;
- значна, часто мінлива, різноманітна номенклатура робіт вимагає простих і нетрудомістких способів нормування.

-

11.5 Класифікація витрат часу на робочому місці

Вивчення витрат робочого дня вимагає систематизації та класифікації різноманітних видів витрат робочого дня у різних виробничих процесах. Така класифікація наведена на рис. 11.1.

Робочий день (робоча зміна) складається з робочого часу і часу перерв. Тут маються на увазі перерви, що спостерігаються протягом робочого дня (зміни). Перерви на приймання їжі, як відомо, до робочого дня (зміни) не включаються. Робочий час поділяють на: підготовчо-заклучний; основний, або технологічний; допоміжний; обслуговування робочого місця.

Підготовчо–заклучний час – це час, що витрачається на підготовку робочого місця перед початком обробки партії виробів, і на приведення робочого місця в нормальний стан після закінчення обробки партії деталей. Це час, що витрачається на початкове ознайомлення з роботою та кресленням, підготовку робочого місця, налагодження обладнання, встановлення та зняття пристосування, оформлення та здавання роботи (рис. 11.2).

Основний, або технологічний час – це час, протягом якого відбувається зміна форми, розмірів або стану оброблюваного виробу. Він може бути машинним, машинно–ручним або ручним (слюсарне обпилювання деталей). Структура основного машинного часу наведена на рис. 11.3.

Допоміжний час – час, що витрачається на виконання дій, які повторюються з кожним виробом, необхідних для виконання основної роботи або для її підготовки (установлення та зняття деталі, пуск і зупинка верстата, переміщення столу або супорту верстата тощо).

Допоміжний час може бути ручним, машинно–ручним (установлення деталі на верстаті за допомогою крана, переміщення столів та супортів за допомогою верстатних механізмів) і машинним (наприклад, на токарних автоматах). Структура допоміжного часу показана на рис. 11.4.

Час обслуговування робочого місця – це час, який робітник витрачає на догляд за робочим місцем. Поділяється на технічний та організаційний.

Час обслуговування робочого місця технічний – зміна інструменту при затупленні, регулювання та підналагодження верстата, інструменту та пристосування тощо.



Рисунок 11.2 – Види витрат підготовчо–заключного часу

Час обслуговування робочого місця організаційний – розкладка та прибирання інструменту на початку та в кінці зміни, змашування і чищення верстата, змітання стружки, передача зміни тощо.

Робочий час поділяють на регламентований та зайвий. **Регламентований час** – час, передбачений нормою часу, **зайвий час** – час, що перевищує встановлені нормативи.

Слід додати, що ручний час буває таким, що перекривається і не-перекривається машинним часом. З метою підвищення продуктивності, проектуючи операцію, слід домагатися, щоб ручний час перекривався машинним, якщо це можливо за умовами їхньої тривалості.. Час перерв розрізняють: залежний від робітника; незалежний від робітника.

Перерви, що залежать від робітника:

- відпочинок, природні потреби, фізіологічні потреби;
- порушення трудової дисципліни;
- випадкові особисті затримки (травма, відлучення від робочого місця з поважних причин).

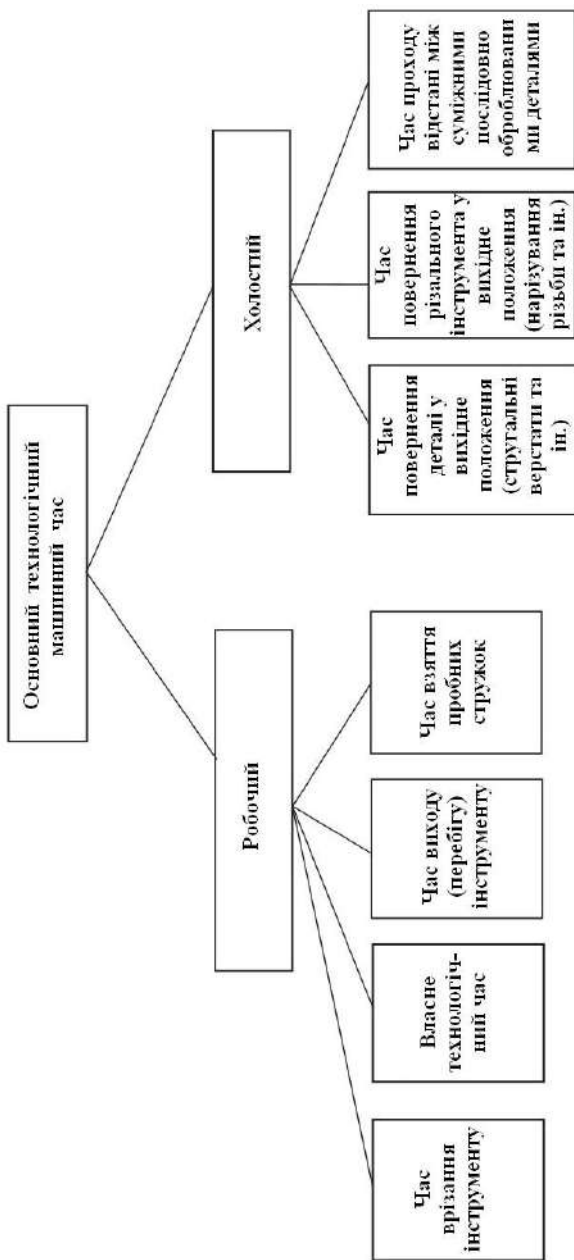


Рисунок 11.3 – Структури основного (технологічного) машинного часу при обробці деталей на металорізальних верстатах

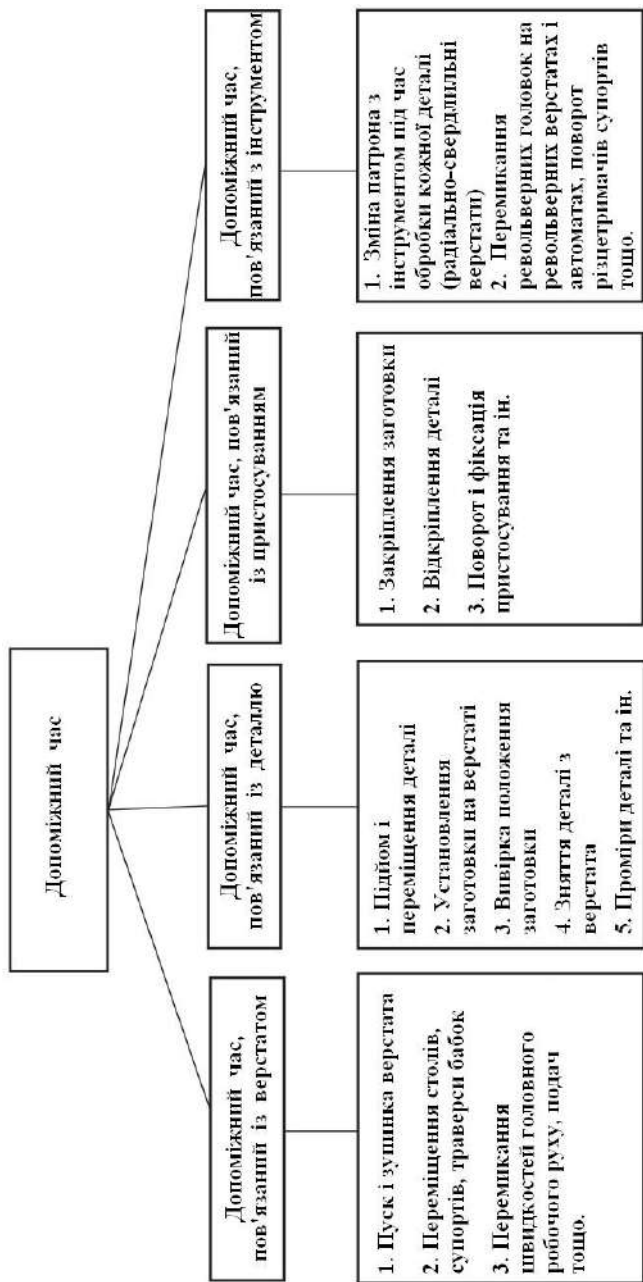


Рисунок 11.4 – Структура допоміжного часу

Перерви, що не залежать від робітника:

- технологічні (бездіяльність токаря під час машинно-автоматичної роботи);
- організаційні (перерви очікування роботи, очікування креслення, матеріалу, інструменту, наряду тощо).

Перерви можуть бути регламентовані та зайві. Регламентовані перерви – ті, які за характером і величиною передбачені нормою часу в певних розмірах (відпочинок, природні потреби, фізіологічні потреби). Техно-логічні перерви у роботі робітника, а також перерви на відпочинок та природні потреби, можуть бути регламентовані та зайві. Всі інші перерви, зокрема порушення дисципліни, випадкові особисті затримки, перерви організаційного характеру, відносяться до зайвих перерв.

11.6 Структура норми часу та її елементи

Розглянута вище класифікація витрат робочого дня дає можливість визначити склад технічної норми часу (рис. 11.5).



Рисунок 11.5 – Класифікація витрат часу на робочому місці

Формула штучного часу може бути виражена в наступному вигляді:

$$t_{\text{ш}} = t_0 + t_{\text{в}} + t_{\text{об}} + t_{\text{н}}, \quad (11.12)$$

де $t_{\text{ш}}$ – штучний час, хв;

t_0 – основний або технологічний час, хв;

$t_{\text{в}}$ – допоміжний час, хв;

$t_{\text{об}}$ – час обслуговування робочого місця, хв;

$t_{\text{н}}$ – час перерв на відпочинок, природні потреби та фізіологічні потреби, хв.

В умовах масового виробництва підготовчо–заклучний час не витрачається, і тому структура норми часу збігається зі складом норми штучного часу.

Сума основного та допоміжного часу називається оперативним часом:

$$t_{\text{оп}} = t_0 + t_{\text{в}}. \quad (11.13)$$

Формула (11.12) може бути представлена у розгорнутому вигляді:

$$t_{\text{ш}} = t_0 + t_{\text{в.нп}} + t_{\text{об.т}} + t_{\text{об.о}} + t_{\text{н}}, \quad (11.14)$$

де $t_{\text{в.нп}}$ – допоміжний час неперекривається машинним;

$t_{\text{об.т}}$ – час обслуговування робочого місця технічний;

$t_{\text{об.о}}$ – час обслуговування робочого місця організаційний.

Якщо виразити у формулі (11.14) останні три складові у відсотках від основного та оперативного часу та позначити через K_1 – відсоткове відношення часу на технічне обслуговування робочого місця до основного часу, K_2 – відсоткове відношення часу на організаційне обслуговування робочого місця до оперативного часу та K_3 – відсоткове відношення часу на відпочинок та природні потреби робітника до оперативного часу, тоді:

$$t_{\text{ш}} = (t_0 + t_{\text{в.нп}}) + t_0 K_1/100 + t_{\text{оп}} K_2/100 + t_{\text{оп}} K_3/100 = \\ (t_0 + t_{\text{в.нп}}) + t_0 K_1/100 + t_{\text{оп}}(K_2/100 + K_3/100), \quad (11.15)$$

та остаточно отримуємо

$$t_{\text{ш}} = t_{\text{оп}}(1 + K_2/100 + K_3/100) + t_0 K_1/100. \quad (11.16)$$

Для операцій, що нормуються в умовах дрібносерійного та одиночного виробництва за елементами оперативного часу, штучний час визначається наступним чином:

$$t_{\text{ш}} = t_{\text{оп}}(1 + K/100), \quad (11.17)$$

де K – сумарне відсоткове відношення часу на обслуговування робочого місця, перерви на відпочинок та природні потреби до часу оперативної роботи.

При серійному виробництві, коли під час виготовлення партії n деталей витрачається підготовчо–заклучний час $t_{\text{н.з}}$, норма часу виготовлення партії:

$$t_{\text{шк}} = t_{\text{н.з}} + n t_{\text{ш}}. \quad (11.18)$$

Штучно–калькуляційний час, утворений сумою штучного часу і частки підготовчо заключного часу, що припадає на одну деталь, визначається за формулою:

$$t_K = t_{\text{шк}}/n = t_{\text{н.з}}/n + t_{\text{ш}}. \quad (11.19)$$

Класифікація робочого часу та часу перерв наведена на рис. 11.6.

11.7 Основна формула технологічного часу та її перетворення для різних верстатних робіт

Основний (технологічний) час визначається за формулами, що відповідають кінематиці взаємних рухів оброблюваної деталі та ріжучого інструменту даного виду обробки.

Для всіх видів робіт, що виконуються на металорізальних верстатах, основний час може бути виражений формулою:

$$t_0 = \frac{L}{S_M} i, \quad (11.20)$$

де L – довжина шляху інструмента або деталі в напрямку подачі в залежності від кінематики руху на верстаті, мм;

S_M – шлях, пройдений інструментом або оброблюваною деталлю у напрямку подачі, мм/хв;

i – число проходів.

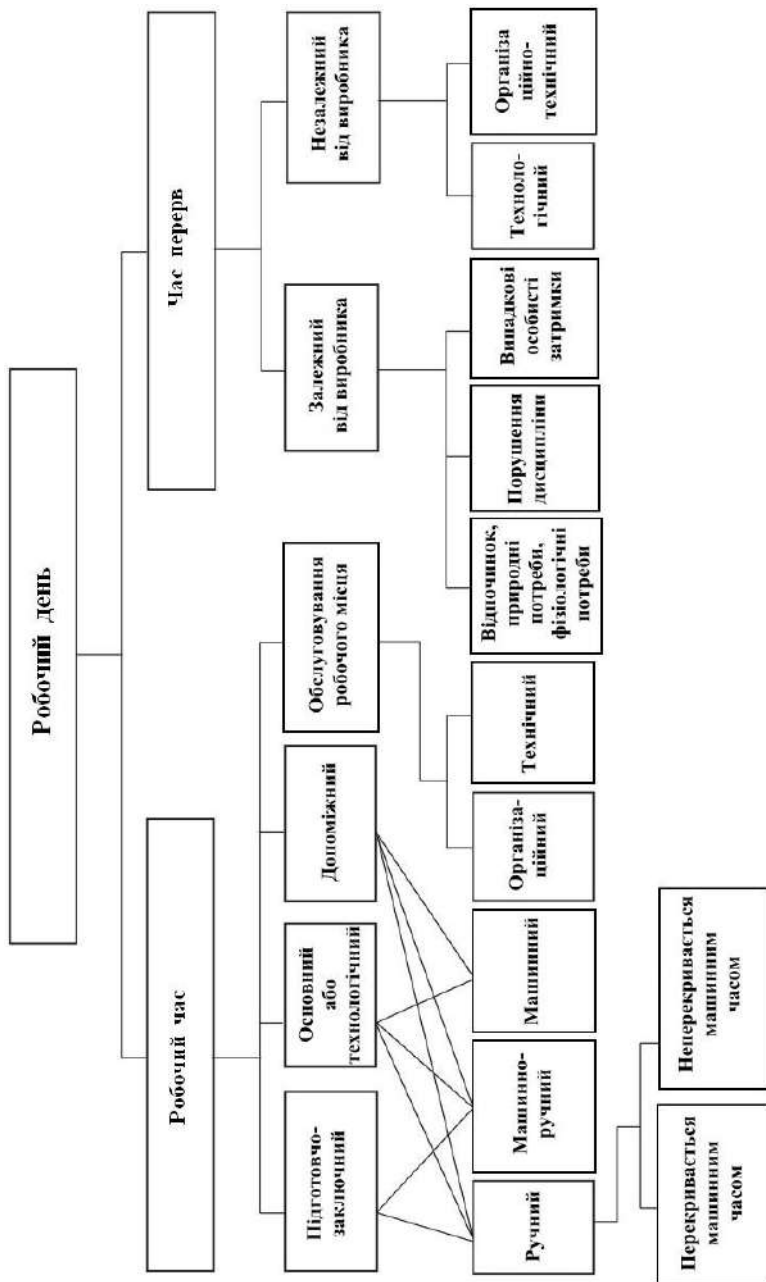


Рисунок 11.6 – Класифікація робочого часу та часу перерв

Цю формулу основного часу можна записати у наступному розгорнутому вигляді. Вважаючи $L = l + l_1 + l_2 + l_3$ та $S_m = Sn$, отримаємо:

$$t_0 = \frac{l + l_1 + l_2 + l_3}{Sn} i, \quad (11.21)$$

де l – розмір оброблюваної поверхні деталі, мм, за якою здійснюється переміщення інструменту (або самої деталі) у напрямку подачі; для різних видів обробки цей розмір визначається по-різному;

l_1 – величина врізання інструменту, мм, що залежить від геометричних параметрів забірної (ріжучої) частини інструменту, окремих елементів різання та розмірів поверхонь, що обробляються. Для забезпечення вільного підходу інструменту до предмета, що обробляється, з робочою подачею, розрахункову величину врізання слід збільшити на $0,5 \div 2$ мм;

l_2 – перебіг інструменту або деталі, $l_2 = 1 \div 5$ мм в залежності від величини інструменту. Працюючи інструментом в упор (підрізка уступу, глухе свердління та інших.) $l_2 = 0$;

l_3 – додаткова довжина, мм, на взяття пробних стружок, що має місце в умовах одиничного, дрібносерійного та серійного виробництва при роботах на універсальних верстатах із взяттям пробних стружок. Залежно від величини ріжучого інструменту та величини деталі $l_3 = 3 \div 10$ мм. Працюючи на налаштованих верстатах $l_3 = 0$.

Шлях, пройдений інструментом або оброблюваною деталлю у напрямку подачі, (хв), визначається за формулами (мм/хв):

$$S_m = Sn, \quad (11.22)$$

або

$$S_m = S_z z n, \quad (11.23)$$

де S_z – подача, мм, на одне різальне лезо інструменту, на 1 зуб фрези, на 1 зуб розгортки тощо;

z – число ріжучих зубів і інструмента;

S – подача, мм, на 1 оборот різального інструмента чи деталі;

n – число оборотів або подвійних ходів за хвилину в залежності від кінематики робочого (головного) руху на верстаті.

При обертальному головному русі (токарні, свердлильні,

фрезерні та ін. верстати):

$$n = \frac{v \cdot 1000}{\pi D} \quad (11.24)$$

При поступальному зворотному головному русі: якщо $v_{px} = v_{xx}$ (долбінні, зубодовжинні, зубострогі та ін. верстати),

$$n = \frac{v \cdot 1000}{2L_{px}}, \quad (11.25)$$

якщо $v_{px} < v_{xx}$, (поздовжньо-стругальні та ін. верстати),

$$n = \frac{v_{px} \cdot 1000}{L_{px} \left(1 + \frac{v_{px}}{v_{xx}} \right)} \quad (11.26)$$

У формулах (11.24)÷(11.26) прийняті наступні умовні позначення:

v – швидкість різання, м/хв;

D – діаметр оброблюваної поверхні деталі або інструменту, мм;

v_{px} – швидкість робочого ходу, м/хв;

v_{xx} – швидкість холостого ходу, м/хв;

L_{px} – довжина ходу інструменту або деталі в напрямку головного (робочого) руху, мм, що дорівнює довжині поверхні, що обробляється, включаючи пробіги на початку і в кінці ходу.

Докладніше про формули для розрахунку основного часу та підрахунок розмірів при різних методах обробки зняттям стружки на металорізальних верстатах можна познайомитись у книзі С.Д. Тішина «Формули основного технологічного (машинного) часу роботи на металорізальних верстатах».

11.8 Визначення допоміжного часу

Тривалість усіх витрат часу, зокрема й витрат виконання окремих прийомів, насамперед обумовлюється діяльністю самого робітника, його ставленням до праці, кваліфікацією, виробничими навичками.

При серійному та масовому виробництві час виконання

допоміжних операцій встановлюється за кожним прийомом окремо одним з наступних методів.

1. За нормативами. Норми часу на допоміжні прийоми в залежності від характеру роботи систематизовані та оформлені на основі спеціальних досліджень, дослідних даних у вигляді таблиць, зручних для користування. Користування такими нормативами скорочує час, що витрачається на розрахунок технічної норми на операцію.

2. На основі дослідження операції на робочому місці, спостереження та аналізу за допомогою хронометражу. Визначення норм часу за допомогою хронометражу слід застосовувати в масовому виробництві, у тих випадках, коли нормативні дані відсутні, а також з метою накопичення даних, систематизації їх, розробки та оформлення нормативів.

11.9 Визначення часу обслуговування робочого місця

При встановленні норм часу слід виходити з такої системи обслуговування робочих місць, при якій виключаються будь-які прості та непродуктивна робота робітників через недоліки в обслуговуванні.

Основні робітники повинні бути звільнені від підсобної роботи, яка може виконуватися обслуговуючими та допоміжними робітниками. Однак частина робіт цього виду повинна виконуватись виробничими робітниками, наприклад, зміна інструменту.

В умовах масового і серійного виробництва з машинним або механізованим основним часом для більш точного визначення норм часу обслуговування робочого місця доцільно визначати час на технічне організаційне обслуговування окремо.

У цьому випадку час на технічне обслуговування визначається у відсотках до основного машинного часу K_1 , час на організаційне обслуговування – у відсотках до оперативного часу K_2 . Величини K_1 та K_2 вибираються за нормативами залежно від характеру робіт.

При дрібносерійному та одиничному виробництві час обслуговування робочого місця, особливо при незначній питомій вазі його в балансі робочого часу зміни, на технічний та організаційний не поділяється. У цьому випадку загальний час на обслуговування робочого місця нормується в цілому у відсотках до оперативного часу.

11.10 Визначення підготовчо–заключного часу

При визначенні норм часу на підготовчо–заключний час слід підрозділяти його на наступні групи.

1. Отримання документації (креслення, наряд), матеріалів (заготовок) інструменту та технологічного оснащення, необхідних для виготовлення партії деталей, а також здавання готових деталей, документації та оснастки після закінчення роботи за даним завданням.

2. Ознайомлення з роботою (кресленнями, зразками, інструкціями тощо) та отримання спеціальних вказівок із заданої роботи.

3. Налагодження та налаштування обладнання, механізмів, пристосувань, інструментів.

4. Виготовлення пробних деталей (пробна обробка).

Час для кожного виду підготовчо–заключних робіт визначається окремо чи за нормативами, чи за результатами спеціальних спостережень (фотографії робочого дня).

У масовому і потоковому виробництві підготовчо–заключна робота не має місця.

11.11 Визначення часу на відпочинок та природні потреби

До складу технічної норми включається час на природні потреби та відпочинок робітника.

Час на відпочинок передбачається лише при виконанні фізично важких і прискорених за темпом робіт, а також за великого вантажообігу, тобто при великій кількості вантажу, що проходить через руки робітника протягом робочої зміни.

При верстатних роботах, враховуючи технологічні перерви робітника, як правило, надбавка на відпочинок не дається, а дається лише надбавка на природні потреби (7–8 хв, що становить приблизно 2 % від оперативного часу).

На складальних і конвеєрних лініях за основу нормування часу перерв для відпочинку та природних потреб доцільно приймати регламентований режим роботи в зміну, що передбачає певний (протягом робочого дня) розподіл періодів роботи та перерв на відпочинок.

11.12 Нормування робіт при багатOVERСТАТНОМУ обслуговуванні

Робітники, які працюють на металорізальних верстатах, виконують такі операції:

- організують робоче місце, здійснюють налагодження та налаштування верстатів, пристосувань та інструментів; заміну останніх у міру зносу та затуплення;
- приводять у рух окремі механізми верстатів і пристосувань, оброблювані заготовки та інструменти з метою надання їм необхідного положення в процесі обробки, шляхом включення відповідних пристроїв і електродвигунів;
- за допомогою верстата, пристосування та інструментів впливають на заготовку і надають їй необхідну форму і розміри, забезпечуючи точність, передбачену кресленням деталі та технічними умовами;
- забезпечують безперебійну роботу верстатів та інструментів шляхом своєчасної подачі заготовок та прибирання від верстатів оброблених деталей та відходів (стружки);
- здійснюють контроль розмірів, форми та інших параметрів оброблених деталей та ведуть облік останніх;
- здійснюють спостереження за роботою верстатів та усувають причини зупинок.

Залежно від рівня та ступеня автоматизації процесів обробки всі ці функції повністю або частково, за винятком першої та шостої, виконуються робочими машинами–верстатами, оснащеними спеціальними автоматичними приладами та механізмами. При цьому, як відомо, знижується або повністю усувається необхідність витрачати м'язову силу робітників.

Одночасно зі зростанням рівня автоматизації та ускладненням механізмів верстатів, автоматичних приладів та пристроїв, якими оснащені верстати, підвищуються вимоги до кваліфікації робітників, до рівня їх технічних знань. Змінюється характер праці робітників, які обслуговують верстати–автомати.

З розвитком автоматизації створюються умови, у яких людина від обслуговування одного верстата може перейти до багатOVERСТАТНОГО обслуговування, тобто до обслуговування кількох верстатів або обслуговування комплексу верстатів, на яких

виконуються різні операції з обробки деталі.

Багатоверстатне обслуговування може і повинно також здійснюватися і при обробці деталей на верстатах неавтоматичних і напівавтоматичних: стругальних, фрезерних, різьбофрезерних, зубофрезерних, зубодовбежних, токарних напівавтоматах та інших, що працюють з великим машинним часом. У цьому випадку обов'язковими є такі умови:

1. Перекриття максимальним з усіх об'єднаних в групу операцій машинним часом суми допоміжного часу на всіх інших верстатах, що обслуговуються, щоб була забезпечена можливість завантаження верстатів новою заготовкою під час роботи інших.

2. Відсутність необхідності постійного нагляду за кожним верстатом, тобто відома надійність роботи кожного верстата.

3. Досить високий коефіцієнт використання верстатів за часом.

4. Високий, максимально допустимий, коефіцієнт та використання часу робітника.

5. Зручне взаємне розташування верстатів, об'єднаних у групу багатоверстатного обслуговування.

6. Організація робочих місць, яка передбачає:

- закріплення оброблюваних деталей за певним станком;
- безперерйне постачання робочих місць заготовками, інструментом і допоміжними матеріалами;
- обслуговування робочих місць засобами механізації, транспортом та своєчасне приймання оброблених деталей;
- своєчасне налагодження верстатів наладчиками;
- регулярне своєчасне прибирання стружки від верстатів.

Недотримання цих умов, хоча б часткове, може звести до нуля ефективність багатоверстатного обслуговування.

Об'єднання операцій при багатоверстатному обслуговуванні може бути:

- паралельне – у масовому виробництві, коли на всіх верстатах, об'єднаних в групу багатоверстатного обслуговування, виконуються однакові операції;
- послідовне – у потоковому виробництві, коли на верстатах групи виконуються різні операції при обробці деталі одного найменування, операції, що йдуть по ходу технологічного процесу одна за одною;
- змішане, коли на верстатах виконуються різні операції, які не

пов'язані між собою технологічним процесом.

Зі збільшенням кількості верстатів, що обслуговуються одним робітником, зменшується частка живої праці, що витрачається на обробку однієї деталі. У зв'язку з цим виникає завдання, що вимагає вирішення: скільки верстатів і за яких умов може бути об'єднане в групу, що обслуговується одним робітником.

Слід зазначити три випадки, коли верстатна операція на одному робочому місці може виконуватися: одним робочим; одним робочим, що обслуговує кілька верстатів; бригадою з кількох (двох і більше) робочих, пов'язаних виробничим процесом.

Співвідношення між продуктивністю робочого та продуктивністю верстата на даній операції може бути для всіх трьох випадків представлено наступним чином.

У першому випадку:

$$P_{\text{раб}} = P_{\text{опер}}. \quad (11.27)$$

У другому випадку:

$$P_{\text{раб}} = P_{\text{опер}} X, \quad (11.28)$$

де X – число верстатів, що обслуговуються одним робітником на даній операції.

У третьому випадку:

$$P_{\text{раб}} = P_{\text{опер}} / B, \quad (11.29)$$

де B – число робітників у бригаді.

При проектуванні технологічних процесів та розробці операцій з багатостатним обслуговуванням необхідно визначити розрахунковим шляхом:

- число верстатів, яке може бути об'єднано в групу багатостатного обслуговування;
- коефіцієнт використання часу робочого верстатника;
- середній коефіцієнт використання верстатів, об'єднаних у групу багатостатного обслуговування, за часом;
- коефіцієнт використання за часом кожного верстата.

Розрахунки цих величин можуть бути виконані на основі наступних міркувань.

Основна умова багатостатного обслуговування може бути виражена таким чином:

$$t'_{0\max} > \sum_{i=1}^{i=X-1} (t_B)_i, \quad (11.30)$$

де $t'_{0\max}$ – максимальний машинний час на одній з усіх об'єднаних операцій;

X – число верстатів у групі багатOVERстатного обслуговування;

t_B – допоміжний час операції.

Додаючи до обох частин цієї нерівності t'_B , тобто допоміжний час, що відноситься до операції з максимальним машинним часом, отримаємо час, званий робочим циклом при багатOVERстатному обслуговуванні $T_{\text{ц}}$:

$$T_{\text{ц}} = t'_{0\max} + t'_B > \sum_{i=1}^{i=X-1} (t'_B)_i. \quad (11.31)$$

Робочий цикл при багатOVERстатному обслуговуванні:

$$T_{\text{ц}} = \sum_{i=1}^{i=X} (t_B)_i + t_{\text{нвп}}, \quad (11.32)$$

де $t_{\text{нвп}}$ – невикористане для виробничої роботи час робітника протягом робочого циклу.

Звідси:

$$t_{\text{нвп}} = T_{\text{ц}} - \sum_{i=1}^{i=X} (t_B)_i, \quad (11.33)$$

та коефіцієнт використання часу робочого багатOVERстатника

$$\eta_{\text{вп}} = 1 - \frac{t_{\text{нвп}}}{T_{\text{ц}}} = \frac{\sum_{i=1}^{i=X} (t_B)_i}{T_{\text{ц}}}. \quad (11.34)$$

З цього виразу видно, що коефіцієнт використання часу буде тим вищим, чим величина:

$$\sum_{i=1}^{i=X} (t_B)_i, \quad (11.35)$$

ближче до величини $T_{\text{ц}}$. Орієнтовно можна прийняти $\eta_{\text{вп}} = 0,6 \div 0,8$ в залежності від стомлюваності роботи, яка залежить від

маси заготовок, переміщених робітником протягом зміни у ваговому вираженні, і від темпу роботи, що виконується.

Коефіцієнт використання часу верстатів при багатOVERстатному обслуговуванні визначиться наступним чином. Витрата часу всіма верстатами, об'єднаними в групу багатOVERстатного обслуговування за один цикл, визначається за формулою:

$$XT_{ц} = \sum_{i=1}^{i=X} (t_0 + t_B)_i + t_{HBC}, \quad (11.36)$$

де t_{HBC} – сумарні втрати часу всіх верстатів у групі.

$$t_{HBC} = XT_{ц} - \sum_{i=1}^{i=X} (t_0 + t_B)_i. \quad (11.37)$$

Середній коефіцієнт використання верстатів за часом:

$$\eta_c = 1 - \frac{t_{HBC}}{XT_{ц}} = \frac{XT_{ц} - \left[XT_{ц} - \sum_{i=1}^{i=X} (t_0 + t_B)_i \right]}{XT_{ц}}, \quad (11.38)$$

або остаточно

$$\eta_c = \frac{\sum_{i=1}^{i=X} (t_0 + t_B)_i}{XT_{ц}}. \quad (11.39)$$

Враховуючи, що час організаційного та технічного обслуговування робочого місця $t_{об}$ у порівнянні з оперативним часом $t_{опер} = t_0 + t_B$ невелика, у цих розрахунках з достатньою для практичних цілей точністю можна вважати, що $t_{ш} \approx t_0 + t_B$, і тоді:

$$\eta_c = \frac{\sum_{i=1}^{i=X} (t_{ш})_i}{XT_{ц}}. \quad (11.40)$$

Коефіцієнт використання часу кожного окремого верстата групи багатOVERстатного обслуговування може бути визначений наступним чином. У ряді випадків доцільно поєднувати операції, що мають значні відмінності у величині штучного часу. Навіть якщо штучний час окремих операцій буде вдвічі або втричі меншим за $T_{ц}$, то такі

операції можуть бути включені по дві і по три в робочий цикл. У загальному вигляді:

$$\eta_i = 1 - \frac{t_{\text{НВС}}}{T_{\text{ц}}} = \frac{Z(t_0 + t_{\text{в}})}{T_{\text{ц}}} = \frac{Z(t_{\text{ш}})_i}{T_{\text{ц}}}, \quad (11.41)$$

де Z – число однакових операцій на даному верстаті, включених до циклу.

Коефіцієнт використання верстата за часом не повинен бути нижчим за нормативи, встановлені для даного типу виробництва.

Визначимо кількість верстатів, які можуть бути об'єднані у групу багатостатного обслуговування. Для цього використовуємо рівняння (11.32):

$$T_{\text{ц}} = \sum_{i=1}^{i=X} (t_{\text{в}})_i + t_{\text{НВР}} = X t_{\text{вср}} + t_{\text{НВР}}, \quad (11.42)$$

де X – число верстатів, об'єднаних у групу багатостатного обслуговування;

$t_{\text{вср}}$ – середнє арифметичне з усіх допоміжних годин об'єднаних операцій.

Розділивши обидві частини цієї рівності на $T_{\text{ц}}$ і підставивши з рівняння (11.34) значення:

$$\frac{t_{\text{НВР}}}{T_{\text{ц}}} = 1 - \eta_{\text{ВР}}, \quad (11.43)$$

отримаємо

$$1 = \frac{X t_{\text{вср}}}{T_{\text{ц}}} + \frac{t_{\text{НВР}}}{T_{\text{ц}}} = \frac{X t_{\text{вср}}}{T_{\text{ц}}} + 1 - \eta_{\text{ВР}}, \quad (11.44)$$

або

$$\frac{X t_{\text{вср}}}{T_{\text{ц}}} - \eta_{\text{ВР}} = 0. \quad (11.45)$$

Остаточно

$$X = \eta_{\text{ВР}} \frac{T_{\text{ц}}}{t_{\text{вср}}}. \quad (11.46)$$

Знаючи $T_{ц}$ – штучний час операції з найбільшим машинним часом, визначивши $t_{в\text{ср}}$ – середнє арифметичне всіх допоміжних годин і задавшись $\eta_{в\text{р}}$, легко визначити число верстатів, яке можливо об'єднати в групу багатостатного обслуговування.

При розрахунках багатостатного обслуговування на напівавтоматах у всіх наведених вище формулах слід приймати величини:

t_0 – машинний час, хв, що є тривалістю автоматичної частини циклу, протягом якої верстатник–оператор повністю звільнений від виконання допоміжних елементів операції;

$t_{в}$ – ручний час допоміжних елементів операції, хв, виконаних робочим верстатником.

Приклад 1. Нехай машинний час операції $t_0 = 4$ хв, допоміжний $t_{в} = 0,8$ хв. Прийемо коефіцієнт використання часу робочого $\eta_{в} = 0,75$. Число верстатів, яке за цих умов можна об'єднати в групу, буде 4,5 верстата:

$$X = \eta_{в\text{р}} \frac{T_{ц}}{t_{в\text{ср}}} = 0,75 \frac{4,8}{0,8} = 4,5$$

Приймаємо 4 верстати. Коефіцієнт використання верстатів:

$$\eta_{с} = \frac{\sum_{i=1}^{i=X} (t_{ш})_i}{X T_{ц}} = \frac{4,8 \cdot 4}{4 \cdot 4,8} = 1,$$

тобто за цих умов простоїв верстатів, спричинених багатостатковим обслуговуванням, не буде. Графік обслуговування для цього прикладу наведено на рис. 11.7.

Приклад 2. Є 5 різних операцій, що виконуються на верстатах послідовно. Основний та допоміжний час для всіх операцій зазначено в табл. 11.1.

Таблиця 11.1 – Основний допоміжний і штучний час на операціях

Час операції, хв	Номер операції				
	1	2	3	4	5
t_0	4,7	5,2	4,8	5,8	5,0
$t_{в}$	1,2	0,8	0,7	0,8	0,9
$t_{ш}$	5,9	6,0	5,5	6,6	5,9

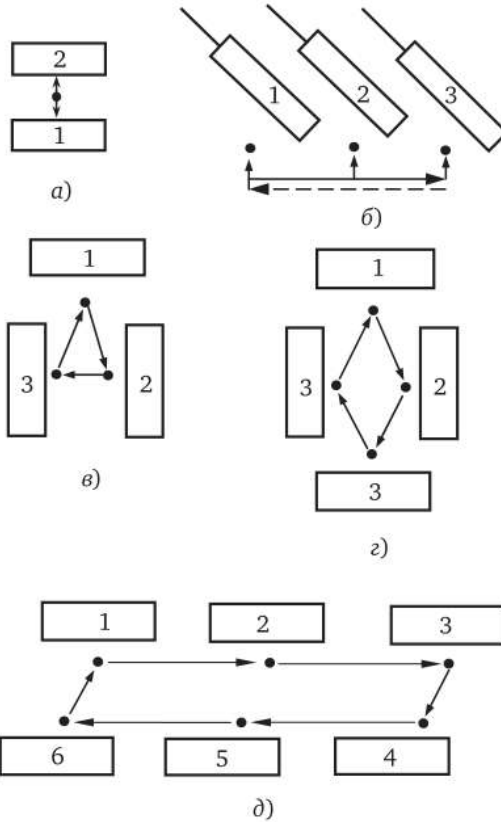


Рисунок 11.7 – Способи розміщення верстатів при багатOVERСТАТНОМУ ОБСЛУГОВУВАННІ

Визначимо середній арифметичний допоміжний час (хв):

$$t_{\text{вср}} = \frac{1,2 + 0,8 + 0,7 + 0,8 + 0,9}{5} = \frac{4,4}{5} = 0,88$$

Нехай коефіцієнт використання часу робочого $\eta_{\text{вр}} = 0,7$.
Підраховуємо кількість верстатів у групі:

$$X = \eta_{\text{вр}} \frac{T_{\text{ц}}}{t_{\text{вср}}} = 0,7 \frac{6,6}{0,88} = 5,25.$$

Отже, об'єднати 5 верстатів у групу багатOVERстатного обслуговування можна.

Середній коефіцієнт використання верстатів:

$$\eta_c = \frac{\sum_{i=1}^{i=X} (t_{ш})_i}{X T_{ц}} = \frac{5,9 + 6,0 + 5,5 + 6,6 + 5,9}{5 \cdot 6,6} = \frac{29,9}{33,0} = 0,91,$$

тобто достатньо високий.

Найменший коефіцієнт використання верстата буде на третій операції:

$$(\eta_c)_3 = \frac{Z t_{ш}}{T_{ц}} = \frac{1 \cdot 5,5}{6,6} = 0,83.$$

Верстати, об'єднані в групу багатOVERстатного обслуговування, повинні бути розташовані так, щоб переходи робітника від верстата до верстата займали мінімальний час.

При необхідності визначити кількість верстатів–автоматів, що об'єднуються в групу, яка обслуговується одним налагоджувачем, розрахунок може вестися в такий спосіб.

Прийmemo наступні позначення: $T_{обсл}$ – час, хв, що витрачається налагоджувачем на одне налагодження; a – число циклів роботи верстата, через які потрібне налагодження із витратою часу; K – число налагоджувальних операцій, що виконуються наладчиком за відрізок часу T .

$$K = \frac{T}{a T_{ц} + T_{обсл}}.$$

Періодичність обслуговування кожного верстата буде $a T_{ц}$.

Тривалість налагоджувальних операцій за T хвилин буде $K T_{обсл}$.

При обслуговуванні наладчиком X однакових верстатів–автоматів за відсутності втрат часу на кожному автоматі повинна бути дотримана така умова:

$$K T_{обсл} X \leq T, \tag{11.47}$$

звідки

$$X \leq \frac{T}{KT_{\text{обсл}}}. \quad (11.48)$$

Підставляючи значення величини K у (11.48), отримаємо:

$$X \leq 1 + \frac{aT_{\text{ц}}}{T_{\text{обсл}}}. \quad (11.49)$$

Внаслідок розмірного зносу ріжучого інструменту та інших причин наладчику доводиться проводити регулювання інструменту і підналагодження верстата з різною витратою часу через різні проміжки. Час, що витрачається на таке підналагодження, набагато менший, ніж час при повній заміні комплексу інструментів.

У цьому випадку кількість верстатів групи розраховується орієнтовно за формулою (11.48). При цьому під a розуміється найменша кількість циклів, а під $T_{\text{обсл}}$ – сумарна тривалість обслуговування, що регулярно повторюється.

Приклад 3. На ділянці працюють токарні автомати. $T_{\text{ц}} = 1,6$ хв, $a = 90$ циклів, $T_{\text{обсл}} = 20$ хв. Потрібно визначити кількість верстатів, які обслуговує один робочий наладчик:

$$X \leq 1 + \frac{90 \cdot 1,6}{20} \leq 8.$$

Отже, у групу, що обслуговується одним наладчиком, може бути об'єднано трохи більше 8 автоматів.

Приклад 4. При роботі групи автоматів виникає необхідність у підналагодженні $T_{\text{обсл}} = 4$ хв. Через $a_1 = 60$ циклів та через $a_2 = 240$ циклів необхідна налагодження $T_{\text{обсл}} = 16$ хв. Час циклу $T_{\text{ц}} = 1$ хв. Потрібно також визначити кількість верстатів, що обслуговуються одним наладчиком:

$$X \leq 1 + \frac{60 \cdot 1}{4 + 16} \leq 4.$$

Отже, за цих умов наладчик повинен обслуговувати трохи більше 4 верстатів.

Наведені приклади не вичерпують всіх випадків, які можуть зустрічатися на практиці при багатOVERSTATному обслуговуванні. Розрахунки у всіх інших випадках слід проводити на основі теорії багатOVERSTATного обслуговування, доповнюючи складанням графіків багатOVERSTATного обслуговування. Графіки, вирізняючись наочністю, дають можливість проводити аналіз і перевіряти результати розрахунків.

БагатOVERSTATне обслуговування – один з важливих шляхів підвищення продуктивності праці. При обслуговуванні одним робітником кількох верстатів скорочується кількість робочих, безпосередньо зайнятих у процесі виробництва, і забезпечується економія живої праці.

Удосконалення конструкцій металорізальних верстатів, розвиток автоматизації процесів виробництва, зміна та покращення організації праці створюють великі можливості для введення багатOVERSTATного обслуговування та економії живої праці.

Проте ефективність цього заходу не безмежна. Якщо рівень продуктивності устаткування залишається незмінним, то витрати живої праці при введенні багатOVERSTATного обслуговування зі збільшенням кількості верстатів у групі зменшуються за законом асимптоти, темпи зростання продуктивності робітника та економія живої праці уповільнюються.

Якщо витрати на виготовлення виробу при обслуговуванні робітникам одного верстата прийняти за 100 %, то при багатOVERSTATному обслуговуванні витрати живої праці A складуть:

$$A = \frac{1}{X} 100. \quad (11.50)$$

Економія живої праці при багатOVERSTATному обслуговуванні, %:

$$a = \left(1 - \frac{1}{X}\right) 100. \quad (11.51)$$

Зі збільшенням кількості верстатів, що об'єднуються в групу багатOVERSTATного обслуговування, підвищуються вимоги до конструкції верстатів. Рівень автоматизації та надійності їх роботи зростає, отже, зростають і капітальні витрати на обладнання, тобто

підвищується частка уречевленої (минулої) праці.

Графік на рис. 11.8 та табл. 11.2 дають наочне уявлення про зміни величин A і a зі збільшенням числа верстатів, що обслуговуються одним робітником.

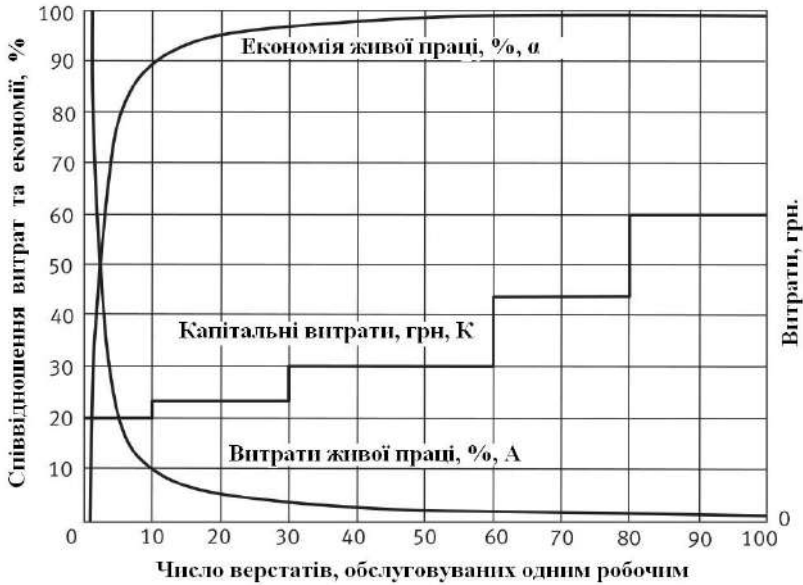


Рисунок 11.8 – Економія, витрати живої праці та капітальні витрати при багатоверстатному обслуговуванні

Таблиця 11.2 – Економія праці у відсотках

Число верстатів, що обслуговуються одним робітником	Витрати живої праці, %, A	Економія живої праці, %, a
1	100,0	0,0
2	50,0	50,0
10	10,0	90,0
20	5,0	95,0
30	3,3	96,7
40	2,5	97,5
50	2,0	98,0
100	1,0	99,0

При найбільш високому ступені автоматизації виробничих процесів, наприклад при роботі автоматичних верстатних ліній, справа йде значно складніше.

Обслуговування автоматичних верстатних ліній є багатоверстатним обслуговуванням, проте розрахунки кількості робітників, що обслуговують, ведуться за іншою методикою з використанням деяких положень теорії ймовірностей.

Основи такої методики розроблено й опубліковано в роботі А.Д. Гальцова «Нормування та основи наукової організації праці в машинобудуванні».

11.13 Загальні положення щодо економічної оцінки технологічних процесів механічної обробки

Під час проектування технологічних процесів механічного оброблення деталей можна намітити кілька варіантів, що забезпечують дотримання необхідної точності, шорсткості поверхні та інших технологічних вимог, зазначених у кресленні деталі та технічних умовах на неї. Із цих варіантів слід вибрати той, який за заданих виробничих умов є найбільш економічним.

Найбільш економічним слід вважати, як правило, той технологічний процес, який забезпечує найменшу собівартість виробу і, таким чином, створює умови для рентабельної роботи підприємства. Собівартість виконання технологічного процесу за використання тих чи інших засобів виробництва характеризує якість цього процесу з точки зору його економічності.

Аналізуючи технологічний процес щодо його економічності, необхідно в термін «рентабельність» вкладати певний зміст. Відомо, що рентабельність (прибутковість) підприємства означає, що кошти, отримані підприємством від реалізації своєї продукції, відшкодовують собівартість і забезпечують, понад те, отримання доходу. Рентабельність характеризує економічну ефективність роботи підприємства за певний проміжок часу.

У деяких випадках слід іти на застосування технологічного процесу, що не забезпечує мінімальної вартості виготовлення деталі, але сприяє загальному розвитку техніки виробництва, полегшує працю робітника або підвищує безпеку праці.

Слід пам'ятати особливості періоду освоєння нової техніки і

нової технології. Нерентабельний у перший період освоєння технологічний процес після його освоєння може виявитися, як це і буває в більшості випадків, вельми рентабельним.

Здійснення нового варіанта технологічного процесу або модернізація наявного, а також механізація й автоматизація технологічних, транспортних і контрольних операцій найчастіше пов'язані з капітальними витратами на придбання верстатів, виготовлення нових інструментів, пристосувань і засобів механізації та автоматизації, тому ефективність капітальних витрат є обов'язковою умовою проектування таких заходів.

Ефективність технологічних процесів, їхня економічність та ефективність капітальних витрат на нову техніку виявляються в результаті техніко-економічних розрахунків та економічного аналізу, який є одним із важливих засобів створення найбільш ефективної технології виготовлення деталей машин. Він становить невід'ємну частину робіт з проектування технологічних процесів.

11.14 Критерії для оцінки техніко–економічної ефективності технологічних процесів механічної обробки

Нові прогресивні технологічні процеси здебільшого вимагають застосування у виробництві нових засобів праці та спричиняють додаткові капітальні вкладення, які збільшують витрати уречевленої праці, що припадають на одиницю продукції у вигляді амортизаційних нарахувань. Упровадження у виробництво нових технологічних процесів і засобів праці може спричинити зміни й інших витрат уречевленої праці – витрат на одиницю продукції матеріалів, енергії, інструментів тощо.

Адже підвищення продуктивності праці в тому й полягає, що частка живої праці у вартості продукції зменшується, а частка уречевленої праці – зростає, але при цьому сума живої та уречевленої праці зменшується, тобто відбувається зниження вартості продукту.

Зниження собівартості продукції, таким чином, є основним критерієм економічної ефективності нових прогресивних процесів і засобів праці.

Порівняння капітальних і поточних витрат є обов'язковим для оцінки економічної ефективності нових технічних заходів, що

потребують капіталовкладень. Тому термін окупності витрат має бути визнаний іншим головним показником економічної ефективності нової техніки. Крім того, у промисловості користуються низкою інших аналітичних показників, що мають також важливе значення. Основні техніко-економічні показники економічності технологічних процесів та ефективності застосування нової техніки такі:

- собівартість продукції – комплексний показник;
- термін окупності капітальних вкладень – вирішальний показник, що синтезує зміни в капітальних вкладеннях і в собівартості продукції;
- аналітичні показники:
 - а) трудомісткість виготовлення;
 - б) витрата матеріалу на одну деталь;
 - в) коефіцієнт використання матеріалу;
 - г) коефіцієнт завантаження обладнання за часом;
 - д) коефіцієнт основного часу;
 - е) коефіцієнт підготовчо-заклучного часу.

Аналітичні показники, поряд з першими двома, вельми корисно визначати і порівнювати для всіх порівнюваних варіантів технологічних процесів. Порівняння та аналіз можуть, крім правильної оцінки варіанта технологічного процесу, дати можливість розкрити недоліки і резерви, наявні в запроєктованих технологічних процесах.

При порівнянні варіантів технологічних процесів слід аналізувати і зіставляти ті статті витрат, величина яких змінюється під час переходу від одного процесу до іншого. Сума таких витрат називається технологічною собівартістю.

Розрахунок технологічної собівартості – трудомісткий. Для його виконання необхідно мати велику кількість нормативів: вартість пристроїв інструменту, технологічного палива, матеріалів тощо.

Накладні витрати: електроенергія для освітлення, пар для опалення, побутова та виробнича вода, ремонт будівель та інші витрати, віднесені до площі, займаної верстатом, можна підрахувати за емпіричними формулами.

Тому такий метод розрахунку мало придатний для порівняння та вибору варіанта технологічного процесу.

Тому часто використовують метод спрощеного розрахунку технологічної собівартості операції механічної обробки. Цей метод

дає можливість визначити собівартість за невеликої витрати часу з достатньою точністю, за мінімальної кількості нормативних даних.

Формули визначення технологічної собівартості, витрат на основний матеріал, технологічне паливо, технологічну електроенергію наведені в спеціалізованій літературі.

Питання для самоперевірки

1. Що таке норма праці?
2. Як називається час заданий робочому на виготовлення одиниці виробленої продукції?
3. Що таке норма виробітку і за якою формулою її визначають?
4. Які недоліки у метода нормування за «дослідними» даними?
5. Що таке технічні норми часу?
6. На чому базуються технічні норми часу?
7. Як встановлюється прогресивна норма?
8. Які цілі та завдання технічного нормування?
9. На основі чого робиться вибір варіанта технологічного процесу?
10. Що таке відрядна форма оплати праці?
11. Як визначити кількість верстатів потрібну для виконання програмного завдання?
12. На основі чого створюються оперативно-календарні плани?
13. Як обрахувати собівартість продукції?
14. Які існують методи визначення норм часу?
15. Що таке сумарний метод нормування?
16. Що таке дослідно-статистичний метод нормування?
17. Який час називається підготовчо-заклучним?
18. Для чого потрібен технологічний час?
19. Як називається час, який робітник витрачає на догляд за робочим місцем?
20. Які перерви залежать від робітника?
21. Які перерви не залежать від робітника?
22. Як при серійному та масовому виробництві встановлюється час виконання допоміжних операцій?
23. Як визначають час на обслуговування робочого місця?
24. Які операції виконують робітники при багатостатному обслуговуванні?
25. Яке може бути об'єднання операцій при багатостатному

обслуговуванні?

26. Що означає термін «рентабельність» (прибутковість) підприємства?
27. Назвіть основні техніко-економічні показники ефективності застосування нової техніки.

ТЕМА 12. МЕТОДИКА ВИБОРУ СПОСОБІВ ОБРОБКИ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛЕЙ І КОМПОНОВКИ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОПЕРАЦІЙ ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

12.1 Визначення послідовності виконання операції

Технологічні процеси за рівнем узагальнення поділяють на два види: одиничний і типовий.

Одиничний технологічний процес застосовується тільки для виготовлення одного конкретного виробу. Це процес виготовлення або ремонту виробу (деталі) одного найменування, типорозміру і виконання.

До переваг одиничного технологічного процесу належать: можливість врахування всіх особливостей цього виробу і конкретних виробничих умов, багатоваріантність прийнятих рішень. Основним недоліком одиничного технологічного процесу є великі витрати часу і праці.

Типовий технологічний процес застосовується для виготовлення групи схожих виробів. Типовий технологічний процес характеризується єдністю змісту і послідовності більшості технологічних операцій для групи виробів (деталей) із загальними конструктивними ознаками.

В основі типової технології лежить класифікація виробів на класи – підкласи – групи – підгрупи – типи. Із групи конструктивно подібних виробів (деталей) обирають типового представника, який має найбільшу сукупність властивостей виробів (деталей).

У цьому розділі будуть розглянуті основні правила, яких бажано дотримуватися під час розроблення технологічних процесів виготовлення деталей, а саме, правила призначення набору методів обробки поверхонь і послідовності їх виконання.

Технологічний процес виготовлення деталі рекомендується розробляти в такій послідовності (можливі винятки).

1. Вивчити за кресленням службове призначення деталі та проаналізувати відповідність цьому призначенню технічних вимог і норм точності.

2. Визначити число деталей, які підлягають виготовленню в певний період часу за незмінним кресленням, намітити тип і форму організації виробничого процесу виготовлення деталей.
3. Вибрати напівфабрикат, з якого має бути виготовлена деталь, або метод отримання заготовки, якщо неекономічно або фізично неможливо виготовляти деталь безпосередньо з напівфабрикату.
4. Обґрунтувати вибір технологічних баз.
5. Обрати методи обробки поверхонь заготовки і встановити число переходів по обробці кожної поверхні виходячи з вимог до якості деталі.
6. Встановити послідовність обробки поверхонь заготовки.
7. Розрахувати припуски на обробку і встановити операційні розміри і допуски на відхилення всіх показників точності деталі.
8. Оформити креслення заготовки.
9. Сформувати операції з переходів (методів обробки) і вибрати обладнання для їх здійснення.
10. Призначити режими обробки, що забезпечують необхідну якість деталі і продуктивність.
11. Виконати нормування технологічного процесу виготовлення деталі.
12. Виявити необхідне технологічне оснащення для виконання кожної операції і розробити вимоги, яким повинен відповідати кожен вид оснащення (приспособлення для установки заготовки і різального інструменту, різальний інструмент, вимірювальний інструмент та ін.).
13. Опрацювати інші варіанти технологічного процесу виготовлення деталі, розрахувати їхню собівартість і вибрати найбільш економічний варіант.
14. Оформити технологічну документацію.
15. Розробити технічні завдання на конструювання нестандартного обладнання, пристосувань, різального та вимірювального інструменту.

Практично всі розділи, перераховані вище, розглянуті раніше. Тому докладніше зупинимося на виборі методів обробки поверхонь

деталі та подальшого компонування з них технологічних операцій, тобто на створенні плану обробки поверхонь деталі; виборі таких методів і засобів обробки поверхонь, які дали б змогу економічним шляхом перетворити заготовку на деталь і забезпечити при цьому потрібну якість за всіма показниками.

Виявлення необхідного набору методів обробки по кожній поверхні деталі належить до багатоваріантних завдань і передуює етапу проектування маршрутного технологічного процесу виготовлення деталі. На вибір методів обробки і необхідної кількості переходів впливають такі чинники:

- вимоги до точності розмірів і якості поверхні, яким повинна відповідати готова деталь;
- якість заготовки, спосіб отримання заготовки, точність її розмірів, якість поверхневого шару;
- кількість деталей, що підлягають виготовленню в одиницю часу за незмінним кресленням;
- техніко-економічні показники, що характеризують кожен метод обробки.

Під час вибору методів обробки та формування технологічних операцій рекомендується дотримуватися такої послідовності:

- аналіз службового призначення поверхонь деталі; виявлення основних і допоміжних базових поверхонь, вільних поверхонь;
- вивчення технічних вимог до поверхонь деталі: точність розміру, точність відносного розташування поверхонь, макрогеометрія, мікрогеометрія (шорсткість); необхідний стан поверхневого шару деталі (твердість та ін.);
- вибір , який забезпечить необхідну точність деталі за кресленням (остаточний метод обробки) за таблицями економічної (статистичної) точності методу обробки для кожної поверхні;
- за заданих точностних характеристик заготовки та обраного фінішного методу обробки в напрямі від деталі до заготовки призначення за кожною поверхнею набору методів обробки, які під час реалізації дадуть змогу отримати із заготовки готову деталь;
- виявлення однойменних методів обробки на різних поверхнях деталей;

- групування однойменних методів обробки з урахуванням стадій (етапів) обробки (чорновий, чистовий, остаточний, обробний).

Формування технологічних операцій з метою розробки маршрутного та операційного технологічних процесів на основі двох останніх пунктів, показаних на рис. 12.1.



A - позначення поверхні; $TA_{заг}$, TA_3 , TA_2 , TA_1 , $TA_{дет}$ - допуски на розмір, що характеризує поверхню заготовки $A_{заг}$ після виконання 3-го, 2-го, 1-го переходів, і допуск на поверхню A відповідно;
 $\omega_{A_{заг}}$, ω_{A_1} , ω_{A_2} , ω_{A_3} – поля розсіювання похибок розмірів заготовки після 1-ї, 2-ї, 3-ї технологічної операції відповідно;
 —————> процес проектування; —————> процес виготовлення;

Рисунок 12.1 – Схема визначення необхідного числа переходів (методів обробки) під час обробки поверхні A деталі

Під час реалізації послідовності проектування технологічних операцій слід використовувати, поряд із таблицями економічної точності, коефіцієнти уточнення.

Коефіцієнт уточнення – відношення допуску на розмір заготовки до допуску на відповідний розмір готової деталі.

Наприклад, потрібно виготовити партію валиків, похибка зовнішніх діаметрів яких повинна перебувати в межах допуску $TA_{дет} = 2$ мкм. Як заготовку прийнято калібрований пруток із

допуском на діаметральний розмір $TA_{\text{заг}} = 280$ мкм.

Встановлюємо загальний розрахунковий коефіцієнт уточнення ξ :

$$\xi = \frac{TA_{\text{заг}}}{TA_{\text{дет}}} = \frac{280}{2} = 140. \quad (12.1)$$

Технологічні системи, здатні забезпечити уточнення в 140 разів, відсутні, тому виникає потреба в декількох технологічних переходах для забезпечення необхідної точності обробки.

Як фінішний метод обробки вибираємо притирання, яке здатне забезпечити похибку обробки в межах 2 мкм. З урахуванням того що $TA_1 = TA_{\text{дет}}$, а допуск TA_2 на операцію, що передує притиранню (попереднє притирання), становить 15 мкм, коефіцієнт уточнення цієї операції:

$$\xi_1 = \frac{TA_2}{TA_1} = \frac{TA_2}{TA_{\text{дет}}} = \frac{15}{2} = 7,5. \quad (12.2)$$

Для пошуку решти методів знаходимо їхнє сумарне уточнення:

$$\xi_{2,3} = \frac{\xi_0}{\xi_1} = \frac{140}{7,5} = 18,6. \quad (12.3)$$

Безцентрове шліфування за таблицями економічної точності методів обробки забезпечує точність діаметра в межах 100 мкм. Тоді

$$\xi_3 = \frac{280}{100} = 2,8. \quad (12.4)$$

Між притиранням і безцентровим шліфуванням необхідно запровадити ще один технологічний перехід – попереднє притирання з уточненням ξ_2 :

$$\xi_2 = \frac{\xi_{2,3}}{\xi_3} = \frac{18,6}{2,8} = 6,8. \quad (12.5)$$

Це можливо за умови, якщо заготовки, що надходять на попереднє притирання, мають відхилення за діаметральним розміром не більше 100 мкм, що забезпечується попереднім безцентровим шліфуванням.

Таким чином, для досягнення заданої точності валиків необхідно застосувати три методи обробки: безцентрове шліфування,

попереднє притирання і остаточне притирання, які забезпечать необхідне уточнення:

$$\xi = \xi_3 \xi_2 \xi_1 = 2,8 \cdot 6,8 \cdot 7,5 = 142,8. \quad (12.6)$$

З наведеного прикладу видно зв'язок між технологічними переходами та обґрунтованість їхньої послідовності при досягненні точності діаметра поверхні A валика.

Аналогічним чином можна провести розрахунок коефіцієнтів уточнення за величиною шорсткості поверхні деталі. При цьому слід мати на увазі, що якщо коефіцієнт уточнення за шорсткістю поверхні більший, ніж коефіцієнт уточнення за точністю розміру, то набір необхідних методів обробки слід проводити за шорсткістю поверхні деталі.

Напрямок розрахунку і нумерація переходів при складанні плану обробки йде від готової деталі до заготовки.

Значення коефіцієнтів уточнення мають бути більшими за одиницю. Однак для термічної обробки, операцій нанесення гальванічних покриттів – значення коефіцієнтів уточнення менші за одиницю, оскільки ці види обробки знижують точність деталі.

Для того щоб поєднати виконання переходів і зменшити трудомісткість обробки, необхідно прагнути до того, щоб якомога більша кількість поверхонь оброблялася одним методом і на одному обладнанні.

Можливе незначне коригування розробленого технологічного процесу виготовлення деталі, спричинене: обраними технологічними базами; дотриманням принципу єдності баз (якщо це ефективно); принципами концентрації або диференціації переходів, необхідністю обробки з однієї установки; забезпеченням рівномірності розподілу припуску тощо.

Проте обґрунтований розрахунок або призначення набору методів обробки по кожній поверхні деталі з використанням таблиць економічної точності дасть змогу спроектувати технологічний процес виготовлення деталі з урахуванням економічної ефективності методів обробки.

Економічна доцільність закладена у вигляді допусків відповідних методів обробки, забезпечення похибок у межах яких на відповідному металообробному обладнанні на підставі численних статистичних досліджень можна вважати ефективними з економічної

точки зору. Таким чином, технолог створює передумови для розроблення технологічного процесу виготовлення деталей з мінімальною собівартістю.

Необхідно зазначити, що проектування плану обробки поверхонь має спрямованість від деталі до заготовки. Під час виготовлення деталі процес зворотний – від заготовки до деталі.

Після того як за кожною поверхнею деталі буде визначено набір передбачуваних економічно доцільних методів обробки, розпочинають побудову технологічного процесу з урахуванням етапів (стадій) обробки і виду технологічного процесу виготовлення деталі.

Чорновий етап – зменшення і рівномірний розподіл припуску на подальшу обробку; видалення поверхневих дефектів із заготовки; порівняно невисока точність обробки; високопродуктивне обладнання.

Чистовий етап – забезпечення мінімальних припусків під остаточні операції; режими різання менш напружені, ніж під час чорнового етапу, обладнання більш точне.

Остаточний етап – отримання необхідної точності деталі і якості поверхневого шару; режими різання, технологічне обладнання та оснащення призначаються з урахуванням забезпечення вимог конструкторської документації.

Обробний етап – забезпечення необхідної якості поверхневого шару деталі, якщо її не було досягнуто на остаточному етапі через неможливість або економічну недоцільність; наприклад, такі методи обробки, як суперфініш, притирання, хонінгування тощо.

Слід зазначити, що види етапів обробки та їхнє спільне застосування не є суворо обов'язковими, і визначаються в кожному конкретному випадку технічними вимогами до показників якості деталі, що виготовляється, способу отримання заготовки, матеріалу деталі, програми випуску, типу виробництва.

Під час проектування технологічних процесів використовують два взаємовиключні принципи: принцип концентрацій технологічних переходів і принцип диференціації переходів.

Принцип концентрації технологічних переходів – зосередження в одній операції виконання великої кількості технологічних переходів з обробки різних поверхонь деталі (одиничне і серійне виробництво).

Принцип диференціації – розукрупнення переходів аж до

відповідності однієї операції одному технологічному переходу (масове виробництво).

На побудову технологічного процесу виготовлення деталі, крім вищеназаних чинників, вплинуть:

- мета і місце проведення термічної, хімікотермічної обробки;
- гальванічні та лакофарбові покриття, правила підготовки поверхонь до їх проведення;
- електрофізичні та електрохімічні методи обробки тощо.

Тільки коротке перерахування основних чинників, що впливають на побудову операційного технологічного процесу виготовлення деталі, показує можливу багатоваріантність вирішення поставленого завдання. Причому обраний варіант повинен забезпечувати необхідну якість деталей за заданою продуктивністю і найменшою собівартістю.

Після визначення послідовності виконання операції можна приступити до заповнення технологічних карт.

12.2 Види та форми технологічних карт

Основними видами технологічних карт відповідно до ДСТУ 3.1102 і ДСТУ 3.1119 є:

- маршрутна карта за ДСТУ 3.1118, призначена для опису технологічного процесу в технологічній послідовності операцій;
- операційна карта за ДСТУ 3.1404, призначена для опису технологічної операції обробки різанням із зазначенням переходів, що виконуються послідовно;
- карта ескізів за ДСТУ 3.1128, призначена для виконання операційних ескізів складних деталей у разі нестачі місця для їх зображення на операційній карті.

У формах технологічних карт слід застосовувати стандартні умови позначення граф, а також загальноприйняті позначення розмірів і елементів режимів різання (D або B , L , t , i , S , n).

Документи технологічного процесу виготовлення деталі необхідно розташовувати в такому порядку:

- а) маршрутна карта;
- б) операційна карта;
- в) наступні аркуші;

г) карта ескізів.

Зразки заповнення основних написів та інших загальних граф на формах технологічних карт наведено на рис. 12.2÷12.8.

Документи за пунктами «б, в, г» повторюють для кожної операції. У необхідних місцях карт за пунктами «б, в, г», а після останньої операції – обов'язково, має бути розміщена операційна карта технічного контролю.

12.3 Порядок заповнення маршрутної та операційної карт

Під час заповнення маршрутної та операційної карт технологічну інформацію записують порядково, кількома типами рядків. Кожному типу рядка відповідає спеціальний службовий буквенний символ, що вказується в першій графі ліворуч, рядка даного типу.

У маршрутних і технологічних картах необхідно застосовувати такі символи типів рядків:

А: номер і найменування операції; посилання на інструкцію з охорони праці;

Б: найменування обладнання та інформація щодо трудовитрат;

М: матеріали (деталі та інші), вид вихідної заготовки, одиниця нормування;

О: зміст операції (табл. 12.1÷12.4);

Т: технологічне оснащення; засоби індивідуального захисту з посиланням на перелік інструкцій з охорони праці;

Р: режими обробки; у навчальних документах – з позначеннями одиниць усіх величин.

У верхній частині форм технологічних карт – рядки з умовними позначеннями граф; у перших зліва графах цих рядків розташовують службові символи типів рядків.

Для опису в одному з рядків будь-якого виду технологічної інформації слід спочатку в першій ліворуч графі цього рядка вказати відповідний службовий символ. Інформацію в цьому рядку зазвичай записують у графах, що відповідають їхнім позначенням у наведеному зверху рядку з тим самим службовим символом.

Разработчик:		Иванов А.В.		Листов		1		Лист												
Проверен:		Николаев И.П.		РГАТА		Обозначение детали		Д.П.1201.ТИ.01.08.15.12												
Исполнен:		Петров Б.К.		Наименование детали		Вал ведущий														
М	Материал	Сталь 12Х2Н4 ГОСТ 4543-71																		
	Код	ЕВ	МД	ЕН	Налеск.	ХИМ	Вып.загл.	Пароль и размеры	КД	МЗ										
А	Цех	Уч.	ЭН	Опер.	Наименование операции	3,26	0,34	Штамповка	φ100x100	1	2,85									
Б	Наименование оборудования		Наименование операции		Обозначение документа		Р		УТ	КР	КМД	ЕН	ВП	Коп.	Т.п.з.	Тип.				
А	05	Нормализация		ИОТ №1, ИОТ №5																
Б		Печь		Термист 4		1		50		1		50		1		12		7,2		
А	10	Токарная		ИОТ №1, ИОТ №2 (для операций №№ 10, 15, 20, 25)																
Б	Токарно-винторезный станок 1К62		Токарь 4		1		1		1		1		50		1		13		1,34	
А	15	Токарная																		
Б	Токарный станок SPR63N5		Токарь 5		1		1		1		1		50		1		15		3,51	
А	20	Токарная																		
Б	Токарный станок SPR63N5		Токарь 5		1		1		1		1		50		1		15		3,02	
А	25	Фрезерная																		
Б	Вертикально-фрезерный 6Н12		Фрезер 4		1		1		1		1		50		1		14		0,58	
А	30	Вибраобразивная		ИОТ №1, ИОТ №3																
Б	Вибраобразивная машина		Слесарь 3		1		10		1		50		1		10		5,4			
А	35	Промывочная		ИОТ №1, ИОТ №4																
Б	Моющая машина		Слесарь 3		1		50		1		50		1		12		2,72			
МК	Маршрутная карта																			

Рисунок 12.2 – Пример оформления первого аркуша маршрутной карты

Разработчик Ильин Н. И.	12.01.02	РГАТА	Обозначение детали	Листов	1	Лист
Проверен Писколев П. В.	15.01.02					
Н. контр. Петрова А. В.	20.01.02	Наименование детали		Плита	№ операции	
		Наименование операции Фрезерная		Материал Сталь 30ХГСА ГОСТ 4543-71		
		Твердость ТВ МД 210...230НВ кг 2,65		Профиль и размеры Лист 30x208x100		№З 3,15
* Размеры для справок		Оборудование, устройство ЧПУ		Обозначение программы		
Гориз. фрез. станок 6Р82		То 16		СОЖ		
5,04		2,38		3,15		8,27
0 или В		L		I		S
Средства индивидуальной защиты по ИОТ №1 и ИОТ №2						
1 Установить и закрепить деталь						
Туски; втулка переходная; фреза 2245-0007 ВКВ ГОСТ 6469-69						
2 Фрезеровать полки по всей длине, выдерживая размеры 1, 2 и 3						
Р 20 мм 200 мм 2,5мм 4 20мм/мин 315мм ³ 38мм/мин						
3 Контроль исполнителем						
Т Штангенциркуль ШЦ-II-0,05 ГОСТ 166-89; глубиномер ГМ100 ГОСТ 7470-92						
4 Открепить, снять и уложить деталь в тару						
Т Тара специальная						
ОК Операционная карта						

Рисунок 12.3 – Форма первого аркуша операционной карты обработки резанием з ескізом

Разраб. / Дибачев Н.И.		12.01.02	Листов	1	Лист
Пробер. / Николаев П.В.		15.01.02			
Исполн. / Петров А.В.		20.01.02	Обозначение детали		
Исполн. / Петров А.В.		20.01.02	Наименование детали		
			Втулка		
			Материал		
			Сталь 40 ГОСТ 1050-88		
			$\sqrt{Ra50}$		
			<ol style="list-style-type: none"> * Размеры для справок. Размеры в круглых скобках относятся к детали. Штамповочные уклоны: наружные 7°, внутренние 12° Штамповочные радиусы 5мм Смещение по плоскости разреза до 0,5 мм. Допускаются дефекты до 0,5 припуска на сторону. Маркировать обозначение детали. 		
			КЭ Эскиз штамповки		

Рисунок 12.6 – Приклад оформления эскизу заготовки-штамповки

Разработ.		Исполнил Н. И.		Листов		1		Листв	
Проектиров.		Исполнил П. Б.		РГАТА		Обозначение детали		ТМ.1201.ТМ101.01.12.05	
Н. номер.		Исполнил А. В.		Наименование детали		Крышко		№ операции	
		Наименование операции		Наименование марки материала		Сталь 30ХГСА ГОСТ 4543-71		65	
		Контроль						МД	
		Наименование оборудования		16		18		Обозначение ИОТ	
		Стол контрольный		3,85		-		ИОТ№1, ИОТ№6	
Р		Контрольные параметры		Код средств ТО		Наименование средств ТО		Объем и ПК	
		1 157-1,0; 144-1,0				Шлангенциркуль ШЦ-II-160-0,05		ТО/ТБ	
						ГОСТ 166-89		25 % 0,25	
						Калибр-пробка В133-1041 Н9		100 % 0,14	
						ГОСТ 14811-69			
						Калибр-скоба В113-0159 Н10		100 % 0,14	
						ГОСТ 18360-93			
						Шаблон		20 % 0,15	
						5 Шероховатость обра-			
						ботанных поверхностей		Образцы шероховатости поверхности	
						6 Соосность осей		20 % 0,25	
						А и Б, допуск 0,05		Приспособление контрольное	
								50 % 2,5	
ОК								Операционная карта технического контроля	

Рисунок 12.7 – Приклад оформления операционной карты технического контроля

Таблиця 12.1 – Основні умовні позначення граф у маршрутних та операційних картах (в алфавітному порядку)

ЕВ	Позначення одиниць вимірювання фізичних величин, зазначених у графі Н (кг, л, м)
ЕН	Одиниця нормування (наприклад 1; 10; 100 деталей), на яку встановлено наступну за цим позначенням норму витрати матеріалу або норму часу
ИОТ	Інструкція з охорони праці
КД	Кількість деталей, що виготовляються з однієї заготовки, шт.
КИ	Кількість деталей, складальних одиниць, що застосовуються під час складання, шт.
КИМ	Коефіцієнт використання матеріалу
КОИД	Кількість одночасно оброблюваних деталей на операції
КР	Кількість виконавців (робітників), зайнятих під час виконання однієї операції
Кшт	Коефіцієнт штучного часу при багатроверстатовому обслуговуванні
МД	Маса деталі за конструкторським документом, кг
МЗ	Маса заготовки, кг
МИ	Маса виробу за конструкторським документом, кг
Н. расх.	Норма витрати матеріалу, кг
ОП	Об'єм виробничої партії, шт.
ПИ	Номер позиції інструментального налагодження для верстатів з ЧПУ
Обсяг і ПК	Об'єм контролю – відсоток від партії або періодичність контролю, шт./год.
Проф.	Найменування професії виконавця (робітників)
Р	Розряд роботи, необхідний для виконання операції
СОЖ	Інформація про мастильно-охолоджувальну рідину
T_o	Норма основного часу
T_v	Норма допоміжного часу
$T_{пз}$	Норма підготовчо-заклучного часу
$T_{шт}$	Норма штучного часу

Інформацію в рядках зі службовими символами **О** і **Т** записують послідовно по всій довжині рядка без прив'язки до графів; різні види інформації розділяють крапкою з комою.

Під час заповнення інформації в рядках зі службовими символами **А** і **О** слід дотримуватися правил запису операцій і переходів за ДСТУ 3.1129, ДСТУ 3.1702, ДСТУ 3.1703; операції слід нумерувати двозначними числами арифметичної прогресії зі знаменником 5 (05, 10, 15 тощо), основні та допоміжні переходи – числами натурального ряду (1, 2, 3 тощо).

Таблиця 12.2 – Операції обробки різанням (ГОСТ 3.1702–79)

Номер операції	Найменування операції	Номер операції	Найменування операції
01	Автоматно-лінійна	41	Вертикально-протяжна
02	Агрегатна	42	Горизонтальнопротяжна
03	Довбальна	43	Алмазнорозточувальна
04	Зубодовбальна	44	Вертикально-розточувальна
05	Зубозакруглювальна	45	Горизонтально-розточувальна
06	Зубонакатна	46	Координатно-розрахункова
07	Зубообкатувальна	47	Болтонарізна
08	Зубоприробна	48	Гайконарізна
09	Зубопритиральна	49	Резьбонакатна
10	Зубопротяжна	50	Вертикально-свердлильна
11	Зубостругальна	51	Горизонтально-свердлильна
12	Зуботокарна	52	Координатно-свердлильна
13	Зубофрезерна	53	Радіально-свердлильна
14	Зубохонінгувальна	54	Свердлильно-центрувальна
15	Зубошевинговальна	55	Поперечно-строговальна
16	Зубошліфувальна	56	Повздовжньо-стругальна
17	Спеціальна зубообробна	57	Автоматна токарна
18	Шлиценакатна	58	Вальцетокарна
19	Шлицестроговальна	59	Лоботокарна
20	Шлицефрезерна	60	Резьботокарна
21	Комбінована	61	Спеціальна токарна
22	Віброобразивна	62	Токарно-безцентрова
23	Галтовка	63	Токарно- гвинторізна
24	Доводочна	64	Токарно-погилювальна
25	Опиловочна	65	Токарно-карусельна
26	Полірувальна	66	Токарно-копіювальна
27	Притирочна	67	Токарно-револьверна
28	Суперфінішна	68	Торцепідрізна центрувальна
29	Хонінгувальна	69	Барабанно-фрезерна
30	Абразивно-відрізна	70	Вертикально-фрезерна
31	Стрічково-відрізна	71	Горизонтально-фрезерна
32	Ножівково-відрізна	72	Гравірувально-фрезерна
33	Пило-відрізна	73	Карусельно-фрезерна
34	Токарно-відрізна	74	Копіювально-фрезерна
35	Фрезерно-відрізна	75	Повздовжньо-фрезерна
36	Расточна з ЧПУ	76	Різьбофрезерна
37	Свердлильна з ЧПУ	77	Спеціальна фрезерна
38	Токарна з ЧПУ	78	Універсально-фрезерна
39	Фрезерна з ЧПУ	79	Фрезерно-центрувальна
40	Шліфувальна з ЧПУ	80	Шпоночно-фрезерна

Номер операції	Найменування операції	Номер операції	Найменування операції
81	Безцентрово-шліфувальна	89	Обдирно-шліфувальна
82	Вальцешліфувальна	90	Плоскошліфувальна
83	Внутрішньошліфувальна	91	Різьбошліфувальна
84	Заточна	92	Торцешліфувальна
85	Карусельно-шліфувальна	93	Центрошліфувальна
86	Координатно-шліфувальна	94	Шліфувальна спеціальна
87	Круглошліфувальна	95	Шліфувально-затиловочна
88	Стрічково-шліфувальна	96	Шлицешліфувальна

Таблиця 12.3 – Ключові слова технологічних переходів обробки різанням. Коди (ГОСТ 3.1702–79)

Код	Ключове слово	Код	Ключове слово
01	Вальцювати	27	Свердлиги
02	Врізатися	28	Строгати
03	Галтувати	29	Суперфінішувати
04	Гравірувати	30	Точити
05	Довести	31	Хонінгувати
06	Довбати	32	Шевінгувати
07	Закруглити	33	Шліфувати
08	Заточити	34	Цекувати
09	Затилувати	35	Центрувати
10	Зенкерувати, зенкувати	36	Фрезерувати
11	Навіть	80	Вивірити
12	Накатати	81	Закріпити
13	Нарізати	82	Налаштувати
14	Обкатати	83	Перевстановити
15	Опилити	84	Перевстановити та закріпити
16	Відрізати	85	Перевстановити, вивірити та закріпити
17	Підрізати	86	Перемістити
18	Полірувати	87	Підтиснути
19	Притирати	88	Перевірити
20	Припрацювати	89	Змастити
21	Протягнути	90	Зняти
22	Розгорнути	91	Встановити
23	Розвалювати	92	Встановити та вивірити
24	Розкачати	93	Встановити та закріпити
25	Розсвердлиги	94	Встановити, вивірити та закріпити
26	Розточити		

Інформацію в рядку зі службовим символом **T** записують у послідовності: пристосування, допоміжний інструмент, різальний інструмент, слюсарно–монтажний інструмент, засоби контролю, засоби індивідуального захисту з посиланням на інструкцію з охорони праці У разі нестачі місця в рядку інформацію переносять на наступні рядки без дублювання проставляння службових символів.

Таблиця 12.4 – Найменування оброблюваних поверхонь і конструктивних елементів. Коди (ГОСТ 3.1702–79)

Код	Найменування		Код	Найменування	
	повне	скорочене		повне	скорочене
001	Буртік	Бург.	019	Отвори	-
002	Буртики	-	020	Паз	-
003	Виточення	Вит-ка	021	Пази	-
004	Виточення	-	022	Поверхня	Поверх.
005	Галтель	Галт.	023	Поверхні	-
006	Галтелі	-	024	Пружина	Пруж.
007	Деталь	Дет.	025	Пружини	-
008	Деталі	-	026	Різьблення	-
009	Заготовка	Загот.	027	Рифлення	Рифл.
010	Зуб	-	028	Сходінка	Ступ.
011	Зуби	-	029	Сфера	-
012	Канавка	Канав.	030	Торець	-
013	Канавки	-	031	Торці	-
014	Контур	Кр	032	Фаска	-
015	Конус	Кон.	033	Фаски	-
016	Лиска	-	034	Черв'як	Черв.
017	Лиски	-	035	Циліндр	Цил.
018	Отвір	Отв.			

Позначення стандартних виробів (матеріалів, інструментів, пристосувань, засобів контролю тощо) у технологічних картах мають бути повними та містити в собі номер державного стандарту з роком затвердження.

12.4 Оформлення карт операційних ескізів

Кarti ескізів мають бути оформлені відповідно до ДСТУ 3.1128 на аркушах формату А4, а також форматів А3, А2 і А1 за ДСТУ 2.301.

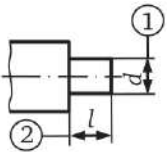
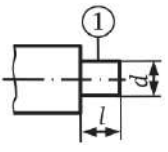
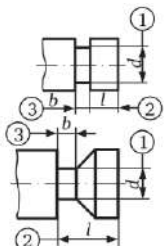
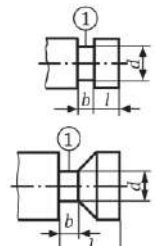
Під час виконання карт ескізів на аркушах форматів понад А4

верхню частину основного напису слід виконувати за формою А4, розташовуючи її в правій частині аркуша, а нижню частину – у лівій частині аркуша. Горизонтальні лінії, що обмежують основний напис, слід продовжити до кінця аркуша. Такі карти ескізів можуть бути включені до графічної частини проекту.

На бланку карт ескізів слід виконувати операційні ескізи, ескізи (карти) налагоджень, а також ескізи заготовок, якщо це передбачено завданням. Операційні ескізи, крім карт ескізів, можуть бути виконані у відповідних зонах операційних карт за формою 2 з дотриманням вимог цього розділу. Зображення деталей на ескізах мають бути виконані в тому положенні, яке вони займають на верстаті. Ескізи слід виконувати з приблизним витримуванням пропорцій деталі, за можливості – з дотриманням масштабу. Поля допусків лінійних розмірів слід вказувати за ДСТУ 2.307 або в рядок: остаточних (креслярських), охоплюючих (отворів) і охоплюваних (валів) – умовними позначеннями із завданням у дужках граничних відхилень; інших креслярських розмірів – тільки граничними відхиленнями.

Приклади повного і скороченого запису змісту переходів обробки різанням відповідно до ДСТУ 3.1702–79 наведено в табл. 12.5.

Таблиця 12.5 – Приклади повного та скороченого запису змісту переходів обробки різанням

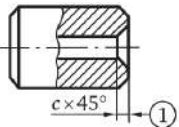
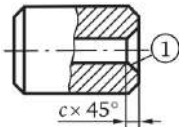
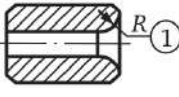
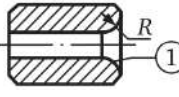
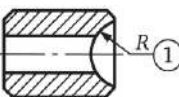
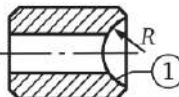
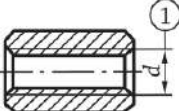
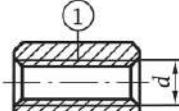
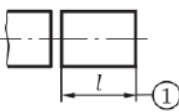
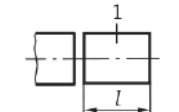
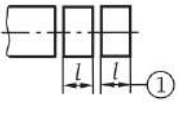
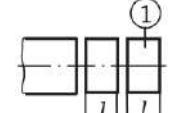
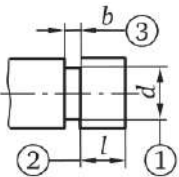
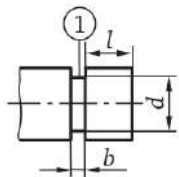
Ескіз	Запис переходу повний	Ескіз	Запис переходу повний
	Точити (шліфувати, притерти, полірувати і т.п.) поверхню, витримуючи розміри 1 і 2		Точити (шліфувати, притерти, полірувати і т.п.) поверхню 1
	Точити (шліфувати, довести, полірувати тощо) канавку, витримуючи розміри 1–3		Точити (шліфувати, довести, полірувати тощо) канавку 1

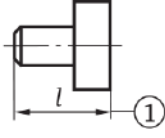
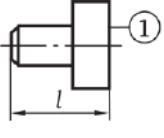
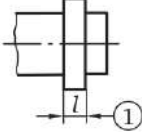
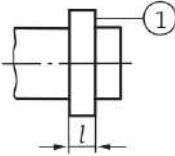
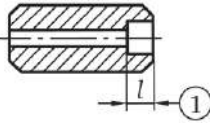
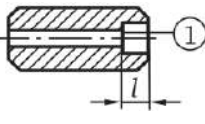
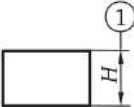
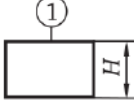
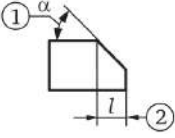
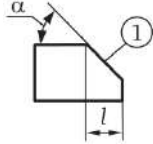
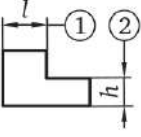
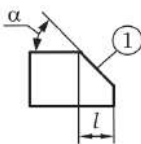
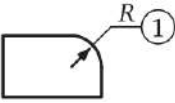
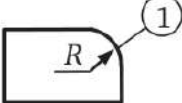
Продовження табл. 12.5

Ескіз	Запис переходу повний	Ескіз	Запис переходу повний
	Точити (шліфувати, полірувати тощо) виточення, витримуючи розміри 1–4		Точити (шліфувати, полірувати і т.п.) виточку 1
	Точити (шліфувати, полірувати і т.п.) фаску, витримуючи розмір 1		Точити (шліфувати, полірувати і т.п.) фаску 1
	Точити (шліфувати, притерти і т.п.) конус, витримуючи розміри 1 і 2		Точити (шліфувати, притерти і т.п.) конус 1
	Точити (шліфувати, полірувати і т.п.) сферу, витримуючи розмір 1		Точити (шліфувати, полірувати тощо) сферу 1
	Точити (шліфувати, полірувати і т.п.) криволінійну поверхню, витримуючи розміри 1-6		Точити (шліфувати, полірувати і т.п.) криволінійну поверхню 1
	Нарізати (фрезерувати, накатати, шліфувати тощо) різьбу, витримуючи розміри 1 та 2		Нарізати (фрезерувати, накатати і т.п.) різьбу 1
	Накатати рифлення, витримуючи розміри 1 та 2		Накатати рифлення 1

Ескіз	Запис переходу повний	Ескіз	Запис переходу повний
	<p>Центрувати торець, витримуючи розміри 1–4</p>		<p>Центрувати торець 1</p>
	<p>Свердлити (зенкерувати, розгорнути і т.п.) отвір, утримуючи розміри 1 і 2</p>		<p>Свердлити (зенкерувати, розгорнути тощо) отвір 1</p>
	<p>Свердлити (розсвердлити, зенкерувати і т.п.) отвір, утримуючи розміри 1 і 2</p>		<p>Свердлити (розсвердлити, зенкерувати тощо) отвір 1</p>
	<p>Розточити (зенкерувати, шліфувати і т.п.) отвір, витримуючи розміри 1 і 2</p>		<p>Розточити (зенкерувати, шліфувати і т.п.) отвір 1</p>
	<p>Розточити (зенкерувати, розгорнути і т.п.) конічний отвір, витримуючи розміри 1-3</p>		<p>Розточити (зенкерувати, розгорнути і т.п.) отвір 1</p>
	<p>Розточити канавку, витримуючи розміри 1–3</p>		<p>Розточити канавку 1</p>
	<p>Розточити (полірувати, довести і т.п.) виточення, утримуючи розміри 1–3</p>		<p>Розточити (полірувати, довести і т.п.) виточення 1</p>

Продовження табл. 12.5

Ескіз	Запис переходу повний	Ескіз	Запис переходу повний
	Зенкерувати (шліфувати, полірувати і т.п.) фаску, витримуючи розмір 1		Зенкерувати (шліфувати, полірувати і т.п.) фаску 1
	Розточити (зенкерувати, шліфувати, полірувати тощо) галтель, витримуючи розмір 1		Розточити (зенкерувати, шліфувати, полірувати і т.п.) галтель 1
	Розточити (шліфувати, полірувати і т.п.) сферу, витримуючи розмір 1		Розточити (шліфувати, полірувати тощо) сферу 1
	Нарізати (йшли - фувати, довести і т.п.) різьблення, витримуючи розмір 1		Нарізати (йшли - фувати, довести і т.п.) різьблення 1
	Відрізати деталь (заготовку), витримуючи розмір 1		Відрізати деталь (заготовку) 1
	Відрізати 2 - заготовки, витримуючи розмір 1		Відрізати 2 заготовки 1
	Врізатись у поверхню - (надрізати деталь), витримуючи розміри 1-3		Врізатись у поверхню 1 (надрізати деталь по поверхні 1)

Ескіз	Запис переходу повний	Ескіз	Запис переходу повний
	Підрізати (шліфувати, полірувати і т.п.) торець, витримуючи розмір 1		Підрізати (шліфувати, полірувати тощо) торець 1
	Підрізати (шліфувати, полірувати і т.п.) торець буртика, витримуючи розмір 1		Підрізати (шліфувати, полірувати і т.п.) торець буртика 1
	Підрізати (шліфувати, полірувати і т.п.) дно отвору, витримуючи розмір 1		Підрізати (шліфувати, полірувати і т.п.) дно отвору 1
	Фрезерувати (стругати і т.п.) поверхню, витримуючи розмір 1		Фрезерувати (стругати, шліфувати і т.п.) поверхню 1
	Фрезерувати (стругати, шліфувати і т.п.) фаску, витримуючи розміри 1 і 2		Фрезерувати (стругати, шліфувати і т.п.) фаску 1
	Фрезерувати (стругати, шліфувати і т.п.) уступ, витримуючи розміри 1 і 2		Фрезерувати (стругати, шліфувати і т.п.) уступ 1
	Фрезерувати (стругати, шліфувати і т.п.) галтель, витримуючи розмір 1		Фрезерувати (стругати, шліфувати, протягнути і т.п.) галтель 1

Продовження табл. 12.5

Ескіз	Запис переходу повний	Ескіз	Запис переходу повний
	Фрезерувати (стругати, протягнути, шліфувати тощо) паз, витримуючи розміри 1–3		Фрезерувати (стругати - протягнути, шліфувати і т.п.) паз 1
	Фрезерувати шпоночковий паз, витримуючи розміри 1–4		Фрезерувати шпоночний паз 1
	Довбати (протягнути) шпоночковий паз, витримуючи розміри 1 і 2		Довбати (протягнути) шпоночковий паз 1
	Фрезерувати (протягнути) паз, витримуючи розміри 1-4		Фрезерувати (протягнути) паз 1
	Фрезерувати (протягнути) шліц, витримуючи розміри 1 і 2		Фрезерувати (протягати) шліц 1
	Фрезерувати (стругати, шліфувати і т.п.) лиску, витримуючи розмір 1		Фрезерувати (стругати, шліфувати і т.п.) лиску 1

Ескіз	Запис переходу повний	Ескіз	Запис переходу повний
	Фрезерувати паз по розмітці, витримуючи - розміри 1-4		Фрезерувати паз 1 за розміткою
	Довбати (протягнути) шестигранник, витримуючи розмір 1		Довбати (протягнути) шестигранник 1
	Фрезерувати (стругати, шліфувати і т.п.) шестигранник, витримуючи розмір 1		Фрезерувати (стругати, шліфувати і т.п.) шестигранник 1

12.5 Проектування маршрутних технологічних процесів складання вузлів і машин

Складанням називається технологічний процес, що містить дії з установлення та утворення з'єднань складових частин виробу. Складання виробів будь-якого кінцевого призначення (механізмів, вузлів, складальних одиниць) повинне виконуватися в певній технічно та економічно доцільній послідовності, яка забезпечує досягнення встановлених для них технічних вимог.

Технологічний процес складання складається з основних і допоміжних операцій. **Технологічною операцією** називають закінчену частину технологічного процесу складання, яка виконується на одному робочому місці. Операція включає всі дії устаткування і робітників над одним або декількома об'єктами, що спільно збираються (операційна партія), у результаті яких відбувається зміна стану об'єкта складання.

Як правило, це сукупність складальних дій по утворенню

з'єднань деталей (установлення і запресовування деталей, згинчування, розклепування, зварювання, паяння, склеювання тощо).

Операція є основною частиною технологічного процесу. За операціями визначають трудомісткість процесу складання, необхідну кількість виробничих робітників і його матеріально–технічне забезпечення (обладнання, пристосування, інструменти).

Допоміжні операції супроводжують виконання основних. Не змінюючи складу об'єкта складання, вони забезпечують необхідний стан комплектувальних деталей, підготовку устаткованого обладнання, перевірку якості комплектуючих і результату складання (розконсервація, промивання, змашування, технічний контроль, випробування та ін.).

Залежно від виду і призначення виробів, які є об'єктом складального процесу, розрізняють вузлові і загальну збірки.

Вузлове складання – процес, об'єктом якого є складова частина виробу.

Загальне складання – процес, об'єктом якого є виріб у цілому.

12.6 Послідовність проектування технології складання

Проектування технології складання вузлів і машин починається з вивчення вихідних даних, до яких належать: складальне креслення виробу, технічні вимоги, обсяг випуску виробів, термін виконання завдання (передбачувана тривалість випуску виробів). Основними етапами повномасштабного процесу проектування технології складання є:

- технологічний аналіз складального креслення і технічних умов;
- розмірний аналіз виробу;
- складання схеми складання;
- визначення типу виробництва;
- визначення складу та послідовності виконання складальних операцій, розробка маршрутної технології;
- вибір складального обладнання та технологічного оснащення;
- призначення технічних вимог до складання;
- вибір методів і засобів контролю якості складання;
- нормування операцій технологічного процесу і синхронізація

- операцій відповідно до такту випуску;
- коригування операційного та маршрутного технологічних процесів складання;
- оформлення документації на технологічний процес;
- розрахунок потрібної кількості робітників, обладнання та виробничих площ;
- технологічне планування цеху.

Перелік етапів є максимально повним і, як правило, використовується в умовах реального виробництва. В навчальних цілях ми можемо обмежитися кількома етапами.

12.7 Розмірний аналіз конструкцій під час складання

Завдання досягнення необхідної точності вузлів і машин може бути адекватно вирішене тільки на основі аналізу розмірних ланцюгів виробу, що збирається. Існує тісний зв'язок між методами розрахунку розмірних ланцюгів і методами складання: кожному методу складання відповідає певний метод розрахунку розмірних ланцюгів.

Досягнення необхідної точності складання конструкції забезпечується шляхом розрахунку розмірного ланцюга з метою отримання розміру замикальної ланки в межах регламентованих відхилень і відповідного йому складального параметра.

Це завдання розв'язують шляхом обґрунтованого призначення одного з можливих методів досягнення необхідної точності складання, на вибір якого впливають умови виробництва, величина допуску замикальної ланки, кількість складових ланок, та інші чинники.

12.7.1 Методи досягнення точності замикальної ланки

Під час конструювання виробів необхідна точність складання зазвичай встановлюється з умов експлуатації виробу і його службового призначення. Залежно від конструктивних особливостей і умов конкретного виробництва, вона може бути досягнута такими методами складання:

- взаємозамінності (повної, неповної та групової);
- пригонки;
- регулювання.

Кожен із цих методів має свої особливості та переважну сферу

застосування, супутні їм переваги й недоліки, які наведені в табл. 12.6. Слід також ураховувати, що під час проєктування й виготовлення навіть одного вузла можуть одночасно використовуватися різні методи, які забезпечують досягнення необхідної точності ланок, що замикають, відповідних розмірних ланцюгів.

12.8 Складальні розмірні ланцюги

Конструктивні та технологічні особливості машин і їхніх складових частин, надійність і технічний рівень багато в чому визначаються методами координації поверхонь, тобто правильним проставленням розмірів, обґрунтованим вибором значень допусків і їхніх граничних відхилень.

В основі технологічного відпрацювання конструкції виробів машинобудування також лежить аналіз розмірних зв'язків, які закладаються під час проєктування і формуються в процесі виготовлення.

Розмірний аналіз дає змогу виявити взаємозв'язок деталей і складальних одиниць, що становлять машину; проаналізувати правильність проставлення розмірів і допусків на кресленнях; внести зміни відповідно до обраних методів і засобів забезпечення заданої точності розмірних параметрів; підвищити технологічність конструкції; установити послідовність збирання машини та її складових частин.

Розмірний ланцюг являє собою сукупність розмірів, що утворюють замкнутий контур, які безпосередньо використовуються для вирішення поставленого завдання. Замкнутістю розмірного ланцюга визначається той факт, що розміри, які входять до нього, не можуть призначатися довільно. У складного виробу машинобудування може бути виявлено велику кількість розмірних ланцюгів, які класифікуються за ознаками:

- область застосування (конструкторські, технологічні, вимірвальні);
- місце у виробі (подетальні, складальні);
- розташування і вид ланок (лінійні, кутові, плоскі, просторові, скалярні, векторні);
- характер взаємних зв'язків (незалежні, паралельно або послідовно пов'язані, комбіновано пов'язані).

Таблиця 12.6 – Методи досягнення необхідної точності замикаючої ланки

Характеристика методу	Переваги	Недоліки	Сфера застосування
<p>Деталі з'єднуються шляхом безпосереднього з'єднання без припасування, регулювання і підбору. За будь-якого поєднання розмірів деталей автоматично забезпечується точність замикальної ланки</p>	<p>Метод повної взаємозамінності</p> <p>Простота й економічність складання, можливість організації поточного складання широкого кооперування виробництва, простота виготовлення запасних частин</p>	<p>Допуски складових ланок можуть вийти за межі допуску (за інших рівних умов), ніж за інших методів, що може знизити економічність складання</p>	<p>Великосерійне та масове виробництво за умови малого допуску допуску замикальної ланки та невеликого числа складових ланок (до 5)</p>
<p>Деталі з'єднуються без припасування, регулювання і підбору. При цьому в невеликого числа (заздалегідь прийнятого) виробів розміри замикальних ланок можуть вийти за встановлені межі</p>	<p>Метод певної взаємозамінності</p> <p>Те саме, що й у попередньому методі, і більша економічність виготовлення деталей зважаючи розширенню поля допусків</p>	<p>Можливі додаткові витрати на замну деталей зібраних виробів, необхідний 100%-ий контроль</p>	<p>Серійне та масове виробництво за умови малого допуску замикальної ланки та відносно великої кількості ланок, які входять до її складу</p>
<p>Деталі з'єднуються без припасування і регулювання. Розрахункове значення допуску складові ланки збільшуються в кілька разів до економічно доцільної величини. Після виготовлення деталі розсортовують за дійсними розмірами на певну групу, які збирають за методом повної взаємозамінності</p>	<p>Метод групової взаємозамінності</p> <p>Можливість досягнення високої точності замикальної ланки за доцільних допусків відповідних ланок</p>	<p>Збільшення обсягу незавершеного виробництва, додаткові витрати на перевірку, сортування та маркування деталей, ускладнення постачання запасних частин</p>	<p>Масове і великосерійне виробництво, малиланкові розміри ланцюги (3-4 ланки) з високою точністю замикальної ланки</p>
<p>Необхідна точність досягається за рахунок обробки елементами притягненої деталі (компенсатора), на якій залишають певний припуск</p>	<p>Метод пригонки</p> <p>Можливість досягнення високої точності замикальної ланки</p>	<p>Значне здрюкнення складання та збільшення його термінів, складність нормування та механізації складальних робіт</p>	<p>Одиничне і дрібносерійне виробництво, багатоланкові розміри ланцюги із замикального ланкою високої точності</p>
<p>Точність складання досягається за допомогою спеціальних деталей, що забезпечують можливість вільного безперервного або періодичного переміщення, або доброї для компенсації похибок</p>	<p>Метод регулювання</p> <p>Можливість одержання необхідного розміру замикальної ланки не лише під час складання, а й під час експлуатації</p>	<p>У складення конструкторів виробу, збільшення кількості деталей, ускладнення складання</p>	<p>Всі типи виробництва, розміри ланцюги високої точності</p>

Розміри, що утворюють розмірні ланцюги, називаються *ланками*. Ланками розмірного ланцюга можуть бути будь-які лінійні або кутові розміри: діаметри, відстані між поверхнями або осями, зазори, натягнення, відхилення в розташуванні поверхонь (осей) тощо.

Кожен розмірний ланцюг має певне позначення. На схемах розмірних ланцюгів лінійні ланки, що зображують розміри поверхонь або відстані між ними, умовно позначають двосторонньою стрілкою, а розміри, які відображають характер взаємного розташування (паралельність, перпендикулярність, співвісність тощо), – односторонньою стрілкою, спрямованою вістря до бази. Зазвичай ланцюги з лінійними розмірами позначають великими літерами українського алфавіту, а з кутовими – малими літерами грецького алфавіту (рис. 12.9).

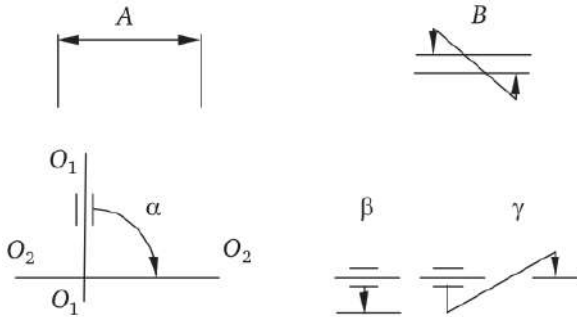


Рисунок 12.9 – Приклади умовного позначення ланок лінійних і кутових розмірних ланцюгів

Так, ланка A представляє лінійний розмір, B – лінійне відхилення від співвісності осей, α – відхилення від перпендикулярності (поворот) площин O_1 і O_2 , β і γ – кутові відхилення від паралельності та співвісності.

Будь-який розмірний ланцюг складається із замикальної ланки і двох або більше складових ланок. *Замикальною ланкою* розмірного ланцюга називається ланка, що є вихідною під час постановки задачі або виходить останньою в результаті її вирішення.

Замикальна ланка позначається буквами з індексом Δ . Під час проектування, виходячи з точності замикальної ланки, визначають точність інших ланок розмірного ланцюга. У процесі перевірки

розв'язання задачі під час обробки деталей або складання виробу замикаюча ланка виходить останньою, замикаючи розмірний ланцюг.

Складовою ланкою розмірного ланцюга називається ланка, зі зміною якої змінюється і замикаюча ланка. Складова ланка позначається великими літерами українського або малими літерами грецького алфавіту з індексом, що відповідає її порядковому номеру. Складові ланки розмірного ланцюга нумеруються послідовно, починаючи з ланки, що є сусідньою із замикальною.

Складові ланки можуть бути збільшувальними та зменшувальними. **Збільшувальною ланкою** розмірного ланцюга називається ланка, зі збільшенням якої замикальна ланка збільшується. **Зменшувальною ланкою** розмірного ланцюга називається ланка, зі збільшенням якої замикальна ланка зменшується.

Збільшувальні ланки можуть для наочності позначатися стрілками над відповідним позначенням ланки, спрямованими праворуч, а зменшувальні – стрілками, спрямованими ліворуч.

У складних розмірних ланцюгах можна виявити збільшувальні та зменшувальні ланки, застосувавши правило обходу по контуру. У цьому разі на схемі розмірного ланцюга замикаючій ланці присвоюється напрямок справа наліво. Здійснюючи обхід по контуру розмірного ланцюга в цьому напрямку, над позначеннями ланок проставляють напрямок обходу.

Для зручності досягнення необхідної точності замикаючої ланки в конструкціях використовують деталі, за допомогою яких найпростіше здійснити складання. Ці деталі називають **компенсуючими**. У розмірних ланцюгах відповідні їм ланки називаються компенсуючими і позначаються додаванням до числового індексу літери K (наприклад, A_{2K}).

Компенсуючими ланками можуть бути прокладки, шайби, деталі з припуском, регулювальні елементи тощо. Для наочності та зручності аналізу конструкцій вузлів розмірні ланцюги зазвичай будують на їхніх ескізах (рис. 12.10).

Для виявлення і побудови будь-якого розмірного ланцюга рекомендується така послідовність дій:

- вивчається складальне креслення вузла і технічні вимоги до нього;
- формулюється завдання, яке передбачається вирішити за допомогою розмірних ланцюгів;

- виявляється замикальна ланка;
- зображується конструктивна схема вузла;
- виявляються складові ланки розмірного ланцюга, складається його схема;
- визначаються передавальні відносини ланок розмірного ланцюга;
- складається рівняння розмірного ланцюга.

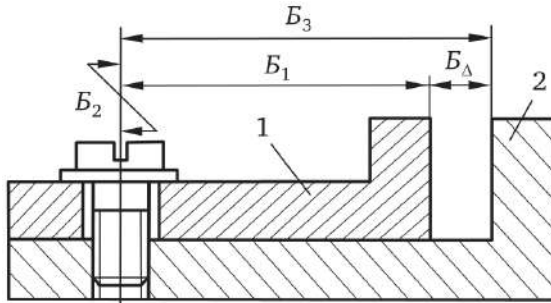


Рисунок 12.10 – Приклад побудови розмірного ланцюга

Конструктивна схема зображується у вигляді спрощеного ескізу вузла, який не містить зайвих конструктивних подробиць і наочно ілюструє його службове призначення. Вона виконується в довільному масштабі, що дає змогу отримати чітке уявлення про взаємодію або взаємне розташування деталей, що забезпечують вирішення поставленого завдання розмірного аналізу. Зазори, наприклад, показують у збільшеному розмірі; деталі, що займають різне положення, – у прийнятій для розрахунку позиції.

Під час складання схеми розмірного ланцюга на конструктивну схему механізму наносять зображення замикальної ланки. Потім, починаючи від однієї з поверхонь деталей, що обмежують замикальну ланку, послідовно виявляють складові ланки, які безпосередньо беруть участь у розв'язанні поставленого завдання, і доходять до другої поверхні, що обмежує замикальну ланку з іншого боку.

Правильно побудований розмірний ланцюг має складатися тільки з ланок, які безпосередньо беруть участь у вирішенні поставленого завдання, тобто його слід будувати за принципом найкоротшого шляху. Ця рекомендація означає, що будь-яка ланка, зміна якої не впливає на замикаючу, буде зайвою.

Визначення *передатних відношень* складових ланок полягає в оцінці ступеня їхнього впливу на величину замикальної ланки. У лінійних розмірних ланцюгах передавальні відношення є коефіцієнтами ξ , величина яких дорівнює 1 або -1; для плоских і кутових розмірних ланцюгів передавальні відношення визначають як коефіцієнти, що відображають співвідношення розмірів ланок, або тригонометричні функції.

Аналітичний вираз розмірного ланцюга подається у вигляді рівняння номінальних розмірів усіх ланок розмірного ланцюга:

$$A_{\Delta} = \sum_{i=1}^n \xi_i A_i, \quad (12.7)$$

де n – загальне число складових ланок.

Для зручності обліку розмірів, швидкості виявлення розмірних зв'язків і повноти аналізу рекомендується **дотримуватися таких методичних положень:**

- вузол слід представити в необхідній кількості проєкцій;
- у складальний ланцюг повинен входити тільки один розмір деталі;
- кожний розмірний ланцюг має супроводжуватися поясненням, що являє собою замикальну ланку (наприклад, складальний розмір, діапазон регулювання, зазор, відносний зсув поверхонь або осей тощо) із зазначенням його допустимих значень;
- розрахункові рівняння слід, за можливості, поміщати на одному аркуші зі схемою розмірного ланцюга і конструктивною схемою механізму;
- для зручності розрахунків номер складової ланки повинен збігатися з номером деталі за специфікацією.

12.9 Методи розрахунку розмірних ланцюгів

Під час розрахунків розмірних ланцюгів можуть розв'язуватися пряма і зворотна задачі. Під час розв'язання *прямої задачі*, виходячи зі встановлених вимог до замикальної ланки, визначають номінальні розміри, допуски, координати середини полів допусків і граничні відхилення всіх складових ланок.

Під час розв'язання *зворотної задачі*, виходячи зі значень номінальних розмірів, допусків і координат їхніх середин, граничних відхилень складових ланок, визначають аналогічні характеристики замикальної ланки. Розв'язанням зворотної задачі, як правило, перевіряється правильність розв'язання прямої задачі.

Розмірні ланцюги можна розраховувати такими методами:

- максимумума-мінімуму;
- імовірнісним.

Метод максимумума-мінімуму. Розрахунок за цим методом застосовується в тих випадках, коли в конструкціях має бути забезпечена повна взаємозамінність деталей.

Метод максимуму мінімуму *ґрунтується на* припущенні, що на складання надходять деталі з граничними значеннями розмірів у такому поєднанні, що всі збільшувальні ланки, матимуть найбільші розміри, а всі зменшувальні ланки – найменші, або навпаки.

У результаті таких поєднань розмір замикаючої ланки може бути тільки максимальним або мінімальним. Імовірність граничного поєднання розмірів деталей вкрай мала, внаслідок чого розрахунки за цим методом не відображають фактичного результату складання і призводять до великих витрат на забезпечення завищеної точності деталей.

Цей метод має великі *переваги* – простоту, наочність, малу трудомісткість обчислювальних робіт, повну гарантію від браку. Основним недоліком методу є те, що отримані результати часто не відповідають фактичним: у разі прямого завдання розрахунку, виходячи з допуску замикальної ланки, різниця між допуском і допуском замикальної ланки, розміри складових ланок виходять надмірно точними; якщо розрахунок проводять за відомими відхиленнями складових ланок (зворотне завдання), то відповідні характеристики замикаючої ланки виявляються більшими за фактичні.

Ступінь невідповідності виходить тим значущою, чим більше ланок включає розмірний ланцюг. Така розбіжність розрахункових і фактичних даних пояснюється малою ймовірністю прийнятих вихідних положень, на яких ґрунтується метод. Таким чином, можна зробити висновок, що метод максимуму-мінімуму економічно доцільний лише для багатоланкових розмірних ланцюгів малої точності або для точних ланцюгів із невеликим числом складових ланок.

Імовірнісний метод. Розмірні ланцюги, для яких виявляється економічно виправданим ризик можливого виходу за межі поля допуску замикальних ланок, розраховують імовірнісним методом, тобто розрахунок за цим методом застосовують у тих випадках, коли точність замикальних ланок, розмірного ланцюга досягається під час складання методом неповної взаємозамінності.

Сутність імовірнісного методу розрахунку полягає в тому, що на деталі призначають розширені допуски, вигідні з погляду економічності, але водночас такі, що не гарантують досягнення 100 %-ої точності замикальної ланки розмірного ланцюга.

Припустимість такого рішення ґрунтується на врахуванні ймовірнісного розсіювання розмірів деталей у партіях і випадкового поєднання фактичних розмірів деталей у складальній одиниці: з'єднання деталей із граничними розмірами в одному вузлі має досить малу ймовірність.

Недоліки методу: відсутність повної гарантії від браку за точністю замикальної ланки; порівняльна складність і велика трудомісткість обчислювальних робіт; залежність точності та достовірності розрахунків від якості визначення характеристик розподілу розмірів реальних деталей.

Переваги ймовірнісного методу: повніше й об'єктивніше врахування закономірностей розподілу розмірів деталей у партіях і підсумовування похибок складових ланок складальних одиниць; можливість розраховувати допуски розмірів складових ланок розмірних ланцюгів без зайвих запасів.

Як правило, допуски на розміри складових ланок під час розрахунків імовірнісним методом виходять значно більшими, ніж під час розрахунку за методом максимуму–мінімуму (для малоланкових ланок – на 30...40%, для багатоланкових – удвічі і більше разів), що знижує вартість виготовлення деталей.

12.9.1 Основні розрахункові формули

1. Номінальний розмір замикальної ланки A_{Δ} для будь-якого числа складових ланок A_i обчислюють за формулою:

$$A_{\Delta} = \sum_{i=1}^{n-1} \xi_i A_i, \quad (12.8)$$

де $i = 1, 2, \dots, n$ – порядковий номер ланки;

ξ_i – передавальне відношення i -ої ланки розмірного ланцюга.

Залежно від виду розмірного ланцюга передавальне відношення може мати різний зміст і значення. Наприклад, для лінійних розмірних ланцюгів з паралельними ланками передавальні відношення дорівнюють:

$\xi_i = 1$ – для збільшувальних складових ланок;

$\xi_i = -1$ – для зменшувальних складових ланок.

Для ланок, повернутих відносно координатних осей, роль передавальних ланок виконують тригонометричні функції, які використовують під час проектування складових ланок на відповідні координатні осі. Таким чином, зміст передавального відношення і його величину слід визначати відповідно до характеру розв'язуваної задачі, особливостей розмірного ланцюга та його складових ланок.

2. Координата середини поля допуску замикаючої ланки $\Delta_{0\Delta}$ обчислюється за формулою:

$$\Delta_{0\Delta} = \sum_{i=1}^{n-1} \xi_i \Delta_{0i}, \quad (12.9)$$

де Δ_{0i} – координата середини поля допуску i -ої складової ланки.

$$\Delta_{0\Delta} = (\Delta_{в\Delta} + \Delta_{н\Delta})/2; \quad \Delta_{0i} = (\Delta_{вi} + \Delta_{нi})/2, \quad (12.10)$$

де $\Delta_{в\Delta}$, $\Delta_{н\Delta}$, $\Delta_{вi}$, $\Delta_{нi}$ – верхнє і нижнє граничні відхилення замикальної і складових ланок.

3. Допуск замикальної ланки T_{Δ} обчислюють за формулами:

– при розрахунку за методом максимум-мінімуму

$$T_{\Delta} = \sum_{i=1}^{n-1} |\xi_i| T_i, \quad (12.11)$$

де

$$T_{\Delta} = \Delta_{в\Delta} - \Delta_{н\Delta}; \quad (12.12)$$

$$T_i = \Delta_{вi} - \Delta_{нi}; \quad (12.13)$$

– під час розрахунку розмірних ланцюгів імовірнісним методом

необхідно враховувати, що розсіювання розмірів складових ланок підпорядковується відповідним законам розподілу випадкових величин. Розмір замикальної ланки також є випадковою величиною, що представляє суму випадкових похибок складових ланок, і за досить великого числа складових ланок $(n-1) > 5$, як правило, підпорядковується закону нормального розподілу.

Допуски в цьому випадку встановлюють з урахуванням розсіювання розмірів і обмежують величиною нормованого параметра розподілу коефіцієнта ризику t_{Δ} . У загальному вигляді для проектного завдання допуск замикальної ланки визначається з виразу:

$$T_{\Delta} = t_{\Delta} \sqrt{\sum_{i=1}^{n-1} \xi_i^2 \lambda_i^2 T_i^2}, \quad (12.14)$$

де λ_i – коефіцієнт відносного розсіювання, що характеризує закон розподілу похибок розміру ланки розмірного ланцюга (для закону нормального розподілу $\lambda_i = 1/3$).

Коефіцієнт ризику t_{Δ} вибирають залежно від прийнятого ризику P . Ряд значень коефіцієнта t_{Δ} наведено нижче:

Ризик P , %	32,0	10,0	4,50	1,00	0,27	0,10	0,01
Коефіцієнт t_{Δ}	1,00	1,65	2,00	2,57	3,00	3,29	3,89

У навчальних цілях найчастіше приймають значення коефіцієнта ризику $t = 3$, що означає ризик ймовірного виходу розміру замикальної ланки за межі допуску $P = 0,27$ %.

4. Граничні відхилення i -ї ланки Δ_{vi} , Δ_{ni} обчислюють за формулами:

$$\Delta_{vi} = \Delta_{0i} - T_i/2, \quad (12.15)$$

$$\Delta_{ni} = \Delta_{0i} + T_i/2. \quad (12.16)$$

5 Найбільшу можливу компенсацію T_k розраховують за формулою:

$$T_k = T'_{\Delta} - T_{\Delta}, \quad (12.17)$$

де T'_{Δ} – розширений виробничий допуск.

Величина поправки Δ_k визначається за формулою:

$$\Delta_k = \frac{T_k}{2} + \sum_{i=1}^{n-1} \xi_i \Delta'_{0i} - \Delta_{0\Delta}; \quad (12.18)$$

де Δ'_{0i} – координата середини поля допуску компенсуючої ланки.

Число ступенів нерухомих компенсаторів N розраховують за формулою:

$$N = \frac{T'_\Delta}{T_\Delta - T_{\text{комп}}}, \quad (12.19)$$

де $T_{\text{комп}}$ – допуск на виготовлення нерухомого компенсатора.

12.10 Послідовність розрахунків розмірних ланцюгів (пряме завдання)

1. Формулюється завдання і виявляється замикальна ланка.
2. Виходячи з поставленого завдання, встановлюють номінальний розмір A_Δ , координату середини поля допуску $\Delta_{0\Delta}$, граничні відхилення замикальної ланки $\Delta_{в\Delta}$, $\Delta_{н\Delta}$ і допуск T_Δ .
3. Виявляють складові ланки та будують схему розмірного ланцюга, складають його рівняння та визначають передавальні відношення.
4. Розраховують номінальні розміри всіх складових ланок.
5. Вибирають метод досягнення необхідної точності замикальної ланки, економічний у даних виробничих умовах.

Метод досягнення заданої точності замикальної ланки обирають залежно від її допуску і кількості складових ланок розмірного ланцюга, з урахуванням конструктивних і технологічних особливостей виробу, службового призначення, собівартості виготовлення та інших чинників. Попередньо метод досягнення заданої точності замикальної ланки вибирають за середнім допуском складових ланок. Для цього за номінальними розмірами складових ланок розмірного ланцюга визначається їхнє середнє значення:

$$A_{\text{ср}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |A_i|. \quad (12.20)$$

Далі за заданим допуском замикаючої ланки і числом складових ланок $(n-1)$ визначається, залежно від обраного методу розрахунку, середнє значення допуску складових ланок $T_{\text{ср}}$.

При розрахунку на максимум–мінімум:

$$T_{\text{ср}} = \frac{T_{\Delta}}{n-1}, \quad (12.21)$$

при розрахунку ймовірнісним методом:

$$T_{\text{ср}} = \frac{T_{\Delta}}{1,2 \sqrt{n-1}}, \quad (12.22)$$

після чого за отриманими значеннями цих параметрів визначають найближчий квалітет точності замикальної ланки.

Отриманий середній допуск, або середній квалітет точності складових ланок оцінюють з погляду їх виконання на конкретному виробництві. При цьому враховуються складність і габаритні розміри деталей, передбачуваний технологічний процес виготовлення тощо.

Якщо $T_{\text{ср}}$ технічно прийнятний, а допуск T_{Δ} більший за 8–11 квалітетів точності, слід застосовувати метод повної взаємозамінності; якщо допуск T_{Δ} точніший – метод неповної взаємозамінності.

Для розмірних ланцюгів високої точності ($T_{\Delta} < T_{\text{ГТ6}}$) за малої кількості ланок $(n-1) \leq 5$ застосовують метод групової взаємозамінності; якщо $(n-1) \geq 6$ – метод припасування або регулювання.

6 Розраховують і встановлюють допуски, координати середин полів допусків і граничні відхилення складових ланок.

При **методі повної взаємозамінності** на основі технікоєкономічних міркувань:

- встановлюють допуск на розмір кожної зі складових ланок;
- перевіряють правильність установлених допусків за формулою (12.11);
- встановлюють координати середин полів допусків складових ланок, за винятком однієї, для якої координата середини поля допуску розраховується розв'язанням рівняння з одним невідомим за формулою (12.9);
- розраховують верхнє і нижнє граничні відхилення (формули 12.15 і 12.16).

При **методі неповної взаємозамінності** на основі

технікоеконімічних міркувань:

- приймають допустимий відсоток ризику;
- встановлюють допуск на розмір кожної складової ланки;
- перевіряють правильність установлених допусків за формулою (12.14);
- встановлюють координати середин полів допусків для $(n-2)$ складових ланок; координату, якої бракує, визначають розрахунком за формулою (12.9);
- розраховують граничні відхилення за формулами (12.15) і (12.16).

При **методі групової взаємозамінності**:

- за технікоеконімічними міркуваннями встановлюють «виробничий» допуск $T'_\Delta > T_\Delta$ замикаючої ланки за формулою:

$$T'_\Delta = nT_\Delta, \quad (12.23)$$

де n – кількість груп, на які будуть розсортовані складові ланки;

- розраховують виробничі допуски T'_i на розмір кожної складової ланки з дотриманням умови:

$$\sum_{i=1}^k \bar{T}_i = \sum_{k+1}^{n-1} \bar{T}_i, \quad (12.24)$$

де \bar{T}_i , \bar{T}_i – допуски збільшувальних і зменшувальних ланок відповідно; k – число збільшувальних ланок у розмірному ланцюзі; $(n - 1) - (k + 1)$ – число зменшувальних ланок;

- розраховують координати середин полів допусків складових ланок у кожній із груп за формулою (12.9), їхні граничні відхилення за формулами (12.15 і 12.16).

При **методі пригонки**:

- вибирають компенсувальну ланку;
- встановлюють економічні в даних виробничих умовах допуски на розміри всіх складових ланок і координати середин полів допусків;
- визначають розширений виробничий допуск T'_Δ за формулою (12.11);
- розраховують найбільшу можливу компенсацію T_k за формулою (12.17);

- розраховують величину компенсуючої поправки Δ_k за формулою (12.18);
- вносять поправку в координату середини поля допуску компенсуючої ланки.

У разі **методу регулювання** обирають компенсувальну ланку, яка конструктивно може бути оформлена у вигляді нерухомого або рухомого компенсатора.

У разі використання **нерухомого компенсатора**:

- встановлюють допуски на розміри всіх складових ланок, економічно прийнятні в даних виробничих умовах, і визначають виробничий допуск T'_Δ замикаючої ланки;
- розраховують найбільшу можливу компенсацію за формулою (12.17);
- розраховують число ступенів нерухомих компенсаторів за формулою (12.18);
- розраховують координати середин полів допусків;
- розраховують розміри нерухомих компенсаторів;
- розраховують кількість нерухомих компенсаторів кожного ступеня.

12.11 Створення схеми складання

Вивчення конструкції виробу, що збирається, завершується складанням технологічних схем вузлового та загального складання, які в наочній формі відображають маршрут складання виробу та його складових частин. Технологічні схеми складання складаються на основі складальних креслень виробу.

Схема складання виробу являє собою графічне зображення послідовності складання виробу з окремих складових частин: деталей і складальних одиниць.

Деталь – частина виробу, виготовлена з однорідного за найменуванням і маркою матеріалу без застосування складальних операцій.

Складальна одиниця – виріб або частина виробу, складові частини якого підлягають з'єднанню між собою складальними операціями (згвинчуванням, клепаанням, зварюванням, пайкою тощо). Характерною особливістю складальних одиниць є можливість

складання відособлено від інших елементів складного виробу.

Складальні одиниці можуть бути **конструктивними, технологічними і конструктивно-технологічними**. Якщо складальна одиниця є складовою частиною складного виробу і виконує в ньому самостійну функцію (наприклад, редуктор, насос, гідроциліндр, компресор, турбіна тощо), то вона має назву **конструктивної**.

Сукупність деталей, що не має самостійного функціонального призначення, але має можливість складання незалежно від інших складових частин, вважається **технологічною складальною одиницею**. Якщо ж конструктивна складальна одиниця задовольняє умові незалежного складання, то вона називається **конструктивно-технологічною**.

Розбивка виробу на складові частини, особливо технологічні та конструктивно-технологічні, визначення числа складових частин, їхнього змісту багато в чому є завданням технолога і має відповідати вимогам складальної технологічності. Для схеми технологічної складальної одиниці характерно:

- раціональне членування виробу на складові частини. Переважна така конструкція виробу, яка дає змогу виконати його складання з попередньо зібраних взаємозамінних складових частин. У цьому разі складання складових частин і виробу виконують паралельно і незалежно, що скорочує тривалість загального складання, покращує умови складання і контролю за складовими частинами;
- надійне виконання встановлених для виробу функцій за мінімальної кількості складових частин;
- забезпечення раціонального компоновання, для якого характерна компактність, що поєднується зі зручностями складання і технічного обслуговування під час експлуатації;
- використання правильних настановних баз, які задовольняють вимогам зручного і точного складання. наприклад, неприпустимим є базування однієї складової частини виробу на кількох прямолінійних і криволінійних поверхнях (за винятком циліндричних);
- забезпечення умов регулювання. Для багатьох видів виробів зручність регулювання є важливим фактором під час складання та експлуатації;

- забезпечення умов застосування високопродуктивних технологічних процесів складання, контролю та випробування.

Схема складання машини або вузла створюється в два етапи.

Спочатку створюється схема загального складання, а потім – схеми вузлового складання складних складових частин виробу. На цих схемах кожна складова частина виробу умовно позначена прямокутником, розділеним на три частини.

У верхній частині прямокутника наводиться найменування елемента; у лівій нижній частині – числовий індекс, який відповідає його номеру в складальному кресленні та специфікації, а в правій нижній – кількість таких елементів.

Процес загального складання зображують на схемі горизонтальною лінією. Її проводять у напрямку від базового елемента виробу до зібраного об'єкта. У верхній частині схеми розташовують умовні позначення всіх деталей, що безпосередньо входять у виріб, а знизу – вузлів.

Як приклад на рисунку (12.11, а) показано технологічну схему загального складання складного виробу. Залежно від конструкції вузла його складовими частинами можуть бути окремі деталі та технологічні складальні утворення з деталей. Залежно від послідовності складання вони класифікуються як складові частини першого, другого і вищих порядків (рис. 12.11, б).

Складова частина першого порядку безпосередньо входить у складову частину виробу. Складова частина другого порядку входить у складову частину першого порядку тощо. Складова частина останнього порядку розчленовується тільки на деталі.

Назва складної складової частини являє собою послідовну сукупність з умовних позначень: порядкового номера; абрєвіатури «сб» («сборка» / складання) і номера базового елемента, з якого починається складання (наприклад, 1сб. 7).

Технологічні схеми складання рекомендується постачати написами, що пояснюють специфіку складальних робіт (запресовування, контрування, момент затягування, таврування, вивірка, змашування тощо), коли вони не є очевидними зі схеми і контрольних заходів, необхідних для забезпечення якості складання.

Подібні пояснення слід розташовувати над виносками, що примикають до вузла сполучення приєднаних складальних одиниць.

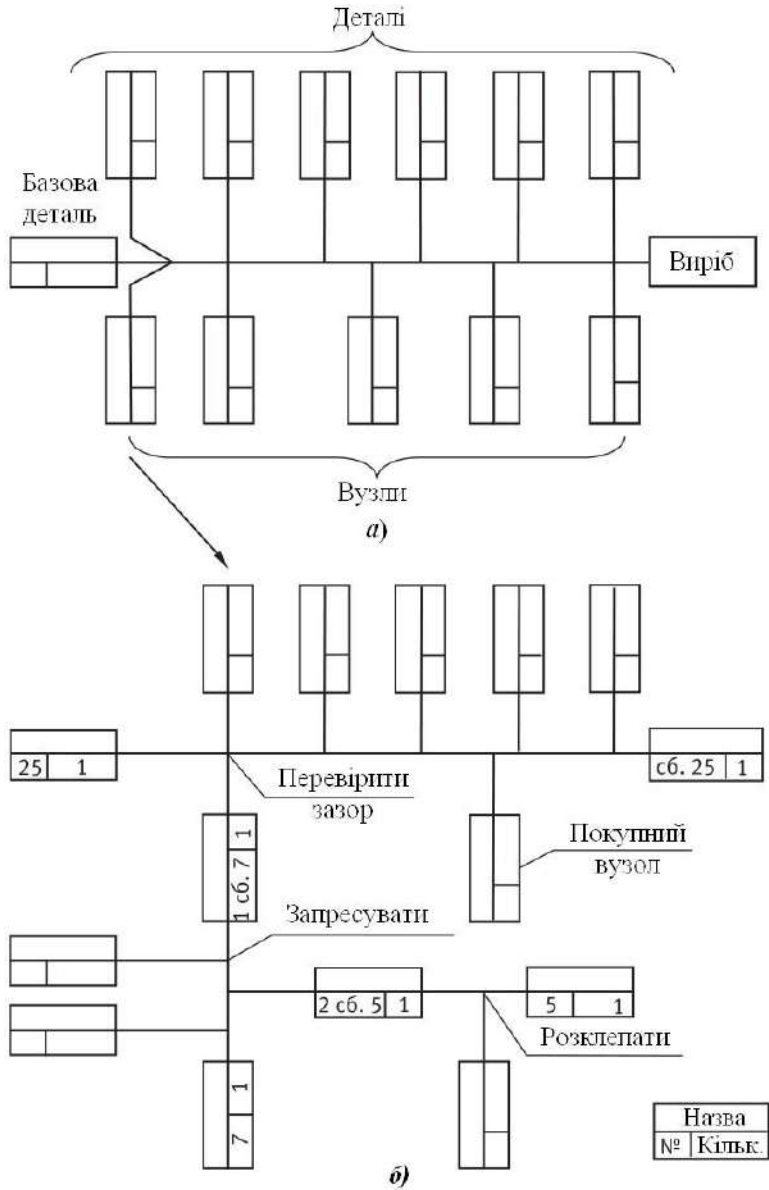


Рисунок 12.11 – Технологічні схеми складання загальної (а) і вузлової (б)

12.12 Проектування маршрутної технології

Процес проектування маршрутної технології включає встановлення послідовності та змісту технологічних і допоміжних операцій складання. Послідовність і зміст операцій попередньо визначається на основі раніше розроблених технологічних схем складання і коригується залежно від призначеного типу виробництва.

В умовах серійного і масового виробництва, проектування маршрутної технології складання – є попереднім етапом, після якого проводиться уточнення складових його складальних операцій шляхом докладнішої деталізації і розбивки на основні та допоміжні переходи.

У разі одиничного випуску виробів – розробка маршрутного технологічного процесу складання з поділом на переходи не виправдовується, тому що все це потребує великих витрат часу і коштів. В таких випадках створюють тільки укрупнені комплекси складальних робіт, що об'єднуються в операції, які в сукупності і складають маршрутну технологію. Користуючись такою маршрутною технологією і складальним кресленням, збирати виріб можуть тільки кваліфіковані складальники, оскільки порядок здійснення того чи іншого етапу складання вибирають вони самі.

Таким чином, маршрутний опис технологічного процесу складання у вигляді запису найменування операцій і змісту основних переходів необхідний за будь-якого типу виробництва.

Технологічний маршрут складання вузлів і виробів, що розробляється студентами з навчальною метою, може бути представлений у формі таблиці, в якій наведено найменування операцій і зміст основних переходів, що їм відповідають.

Додатково наводиться перелік обладнання, пристосувань та інструментів, необхідних для забезпечення складання. Найменування операцій слід записувати в скороченій або повній формі. У разі застосування скороченої форми найменування операції слід записувати у вигляді іменника в називному відмінку. Винятки становлять такі найменування операцій, як «Слюсарна», «Свердлильна» тощо. Повний запис найменування операцій повинен містити скорочену форму із зазначенням предметів виробництва, оброблюваних поверхонь або конструктивних елементів. Наприклад: «Шабрування напрямних поверхонь», «Запресовування шпильок». Найменування операцій слід записувати відповідно до табл. 12.7.

Таблиця 12.7 – Перелік операцій

Найменування слосарних операцій		Найменування складальних робіт	
1. Слюсарна	13. Відрізка	1. Збирання	13. Згвинчування
2. Згинання	14. Опилочочна	2. Базування	14. Установа
3. Гравіювання	15. Очищення	3. Балансування	15. Центрування
4. Доводочна	16. Полірування	4. Застібання	16. Штифтування
5. Зачистка	17. Правка	5. Закріплення	17. Шплінтування
6. Зенковка	18. Розмітка	6. Запресовування	18. Розбирання
7. Завивка	19. Розрізка	7. Клепання	19. Розпресування
8. Калібрування	20. Розгортання	8. Контровка	20. Розшплінтовування
9. Кернування	21. Розвальцовка	9. Маркування	21. Розштифтовування
10. Нарізка	22. Свердлильна	10. Пломбування	22. Розпломбування
11. Навивка	23. Змашування	11. Склеювання	23. Розгвинчування
12. Відрубка	24. Шабровка	12. Стопоріння	

Таблиця 12.8 – Ключові слова та їхні умовні коди

Умовний код	Найменування ключового слова	Умовний код предметів виробництва, оброблених поверхонь і конструктивних елементів
01	Балансувати	007, 010
02	Базувати	010
05	Гнути	001, 009, 022
04	Гравіювати	007, 010
03	Завити	009
06	Застебнути	007
81	Закріпити	007, 009, 010
08	Запресувати	007, 015
07	Зачистити	001, 007, 009, 015, 020, 028÷030
12	Застопорити	010
10	Зенкерувати	007, 009, 018
09	Калібрувати	007, 018, 026
14	Кернити	007, 009, 022
22	Контрить	007, 010
18	Клепати	007
23	Маркувати	007, 009, 010, 015, 022, 029
13	Нарізати	026
11	Навити	009
26	Нанести	007, 009, 010, 015, 022, 029
15	Обпиляти	001, 007, 014, 016, 020, 022, 030, 032
27	Відрубати	009
28	Очистити	001, 003, 007, 009, 010, 015, 020, 022, 029, 030, 032

Умовний код	Найменування ключового слова	Умовний код предметів виробництва, оброблюваних поверхонь і конструктивних елементів
16	Відрізати	009
17	Правити	007, 009, 022
20	Притерти	007, 015, 020, 022
30	Пломбувати	007, 010
19	Полірувати	007, 010, 015, 022, 029
31	Розмітити	001, 003, 007, 009, 010, 014–016, 018, 020, 022, 028, 030, 032
21	Розрізати	007, 009, 010
24	Розгорнути	007, 010, 018, 022
32	Розгвинтити	010
25	Розвальцовувати	001, 003, 007, 009, 010, 022
33	Розпресувати	007, 010
34	Розшлінтувати	007, 010
35	Розібрати	010
36	Розпломбувати	007, 010
37	Розштифтувати	007, 010
29	Свердлити	007, 009, 010, 018, 022
89	Змастити	001, 003, 007, 009, 010, 014–016, 018, 020, 022, 026, 028 – 030, 032
39	Згвинтити	007
40	Зклеїти	007, 009, 022, 030
41	Зібрати	007, 010
91	Встановити	007, 009, 010
38	Центрувати	007, 009, 010, 030
42	Шабрити	007, 009, 010, 014, 016, 022, 028, 030, 032
43	Шплінтувати	007, 010
44	Штифтувати	007, 010
45	Довести	001, 003, 014, 016, 018, 022, 030, 032, 015, 020, 029

До змісту операції мають бути включені:

- ключове слово – найменування дії, що включає певні методи обробки або складання виробу і виражене дієсловом у невизначеній формі (табл. 12.8).
- додаткова інформація, що характеризує число оброблюваних елементів поверхні (наприклад: «Свердлити 3 отвори»);
- найменування предметів виробництва, оброблюваних поверхонь і конструктивних елементів. Найменування

оброблюваних поверхонь, конструктивних елементів і предметів виробництва наведено в табл. 12.9.

- інформація за розмірами або умовними позначеннями. Умовні позначення розмірів і конструктивних елементів наведено в табл. 12.10.

Таблиця 12.9 – Найменування оброблюваної поверхні, конструктивних елементів, предметів виробництва та їхні умовні коди

Умовний код	Найменування предметів виробництва		Умовний код	Найменування предметів виробництва	
	Повне	Скорочене		Повне	Скорочене
001	Буртик	Бурт.	018	Отвір	Отв.
003	Виточка	Вит-ка	020	Паз	–
007	Деталь	Дет.	022	Поверхня	Поверхн.
009	Заготовка	Загот.	026	Різьба	Р-ба
010	Виріб	Вир.	028	Ступінь	Ступ.
014	Контур	К-р	029	Сфера	–
015	Конус	Кон.	030	Торець	Т-ць
016	Лиска	Л-ка	032	Фаска	Ф-ка

Таблиця 12.10 – Умовні позначення розмірів, конструктивних елементів оброблюваних поверхонь та їхні умовні коди

Умов. код	Умовні позначення розмірів під час проєктування		Умовний код предметів виробництва, оброблюваних поверхонь і конструктивних елементів
	неавтоматизованому	автоматизованому	
01	1	1	001, 003, 007, 009, 010, 014, 015, 016, 018, 020, 022, 026, 028–030, 032
02	1 і 2	1 і 2	001, 003, 007, 009, 010, 014, 015, 016, 018, 020, 022, 026, 028–030, 032
06	$d =$		007, 009, 018
07	$d = l =$		007, 009
08	$l =$		009, 020, 022, 028
09	$l = b$		009, 020, 022, 028
10	$<\alpha =$	КУТ =	007, 009
11	$<\alpha = l =$	КУТ =	007, 009
12	$r =$	$R =$	007, 009, 010, 022, 029
13	$h =$	$H =$	001, 007, 009, 010, 022, 028

Примітка. Умовні коди 01 і 02 застосовують із графічною частиною з виразом «витримуючи розміри» або «витримуючи розмір». Умовні коди 06–13 застосовують із зазначенням виконавчих розмірів із виразом «витримуючи»

За відсутності графічного матеріалу в повному записі змісту операції або переходу слід зазначати приклади та іншу додаткову інформацію, що може бути наведена відповідно до табл. 12.11.

Наприклад: «Обпиляти заготовку, витримуючи розміри $l = 55$, $B = 30$, забезпечуючи паралельність поверхонь». Приклади запису операцій і переходів наведено в табл. 12.11.

Таблиця 12.11 – Додаткова інформація та її умовні коди

Умов. код	Найменування додаткової інформації		Умовний код предметів виробництва та конструктивних елементів виробів
	Повне	Скорочене	
01	Згідно з кресленням	Згід. кресл.	001, 003, 007, 009, 010, 014, 015, 016, 018, 020, 022, 026, 028–030, 032
02	Згідно з ескізом	Згід. еск.	001, 003, 007, 009, 010, 014, 015, 016, 018, 020, 022, 026, 028–030, 032
03	За розміткою	За розміт.	001, 003, 007, 009, 010, 014, 015, 016, 018, 020, 022, 026, 028–030, 032
04	За трафаретом	За граф.	007, 009, 010, 022
05	З точністю	З точн.	007, 014, 022
06	Забезпечуючи герметичність	Забезпеч. гермет.	007, 014, 022
07	Забезпечуючи прилягання	Забезпеч. приляг.	007, 014, 022
08	Забезпечуючи паралельність	Забезпеч. парал.	007, 009, 010, 022
09	За шаблоном	За шабл.	007, 009, 010, 014, 020
10	По реперних точках	По реперн. тчк.	007, 010
11	Від осі ХУ	–	007, 010
12	Від фарби	–	007, 009, 010, 015, 020, 022, 028, 029
13	Від іржі	Від іржі	007, 009, 010, 015, 020, 022, 028, 029

Приклади запису операції та переходів наведено в табл. 12.12.

Таблиця 12.12 – Приклади запису операцій і переходів

Запис операції та переходу	
Повна	Скорочена
Гнути деталь, витримуючи розміри 1 та 2	Гнути деталь згідно ескізу
Зачистити буртик 1 від фарби	Зачистити згідно ескізу
Калібрувати отвір 2, витримуючи розмір 1	Калібрувати отвір 2 згідно креслення
Маркувати деталь, витримуючи розміри 1 та 2	Маркувати деталь згідно ескізу
Нарізати різьбу, витримуючи розмір 1	Нарізати різьбу згідно креслення
Обпиляти заготовку, витримуючи розміри 1, 2 та 3	Обпиляти заготовку згідно ескізу
Розгорнути отвір 2, витримуючи шорсткість	Розгорнути отвір 2 згідно креслення
Розмітити деталь, витримуючи розміри 1, 2 та 3	Розмітити деталь згідно креслення
Розвальцювати поверхню 1, витримуючи розмір 2	Розвальцювати поверхню 1 згідно з кресленням
Розрізати заготовку, витримуючи $l = 20$; $b = 35$	Розрізати заготовку згідно ескізу
Розібрати виріб (позиції 1, 3, 5)	Розібрати виріб згідно креслення
Свердлити отвір, витримуючи розміри 1 та 2	Свердлити отвір згідно креслення
Згвинтити деталі 1 і 3, витримуючи розмір 1	Згвинтити деталі 1 і 3 згідно креслення
Зібрати деталі 2 та 5, витримуючи розмір 1, забезпечуючи герметичність	Зібрати деталі 2 та 5 згідно креслення
Встановити деталь, витримуючи $Z = 15^\circ$	Встановити деталь згідно креслення
Шабрити поверхню 1 з точністю 8-10 плям	Шабрити поверхню 1 згідно ескізу

Питання для самоперевірки

1. На які види за рівнем узагальнення поділяють технологічні процеси ?
2. Чим характеризується типовий технологічний процес?
3. В якій послідовності рекомендується розробляти технологічний процес виготовлення деталі?
4. Які фактори впливають на вибір методів обробки і необхідної кількості переходів?
5. Якої послідовності рекомендується дотримуватися під час вибору методів обробки та формування технологічних операцій?
6. Що таке коефіцієнт уточнення?
7. Чим відрізняється чорновий етап від чистового?
8. Що таке обробний етап?
9. В чому суть принципу диференціації?

10. Які є види технологічних карт?
11. В якому порядку необхідно розташовувати документи технологічного процесу виготовлення деталі?
12. Для чого необхідний маршрутний опис технологічного процесу складання виробу?

ТЕМА 13. ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ АГРЕГАТІВ ТА ВУЗЛІВ АВТОМОБІЛІВ

Масове виробництво таких складних машин як автомобілі – вимагає хорошої організації та кооперування підприємств, широкого застосування автоматизації та механізації виробничих процесів. Велика номенклатура деталей з різних матеріалів, різноманітні технологічні процеси, великий парк складного технологічного устаткування, що використовується при виготовленні деталей, зумовлюють багатогранність виробничого життя підприємств.

На різних заводах, що виробляють автомобілі, існують різні методи виготовлення однойменних деталей цих машин, що пояснюється різними програмами випуску об'єктів виробництва, наявністю різного устаткування та іншими причинами.

Розгляд різних технологічних процесів виготовлення найважливіших деталей автомобілів далі ведеться стосовно великих програм випуску. У цих умовах дедалі більшого розвитку набуває автоматизація технологічних процесів. У виданій технічній літературі присвяченій цьому питанню, термін «автоматизація технологічних процесів» вживається різними авторами в різному сенсі.

В даному навчальному курсі під автоматизацією слід розуміти не тільки вищий щабель механізації, не тільки результат поступового технічного розвитку, а й якісно новий етап, стрибок у розвитку продуктивних сил.

Відмітна риса автоматизації на сучасних автомобільних заводах полягає в тому, що виробничий процес здійснюється без втручання людини, яка лише задає програму дій механізмам, які не тільки замінюють фізичну працю людини, а й виконують функції управління і контролю. Людина втручається в автоматичну роботу машини лише в тому разі, якщо з якихось причин її дії відхиляються від заданих програмою. Під час механізації виробничого процесу людина детально контролює його перебіг і керує ним. Характерним напрямком в автоматизації цих процесів у машинобудуванні є саме застосування автоматичних верстатних ліній.

У механоскладальних цехах автомобільних заводів знаходять застосування не тільки автоматичні лінії верстатів для обробки

деталей, а й автоматичні лінії обладнання, призначеного для складання вузлів або цілих агрегатів машин.



Рисунок 13.1 – Приклади автоматизованої (напівавтоматичної) виробничої лінії



Рисунок 13.2 – Автоматична складальна лінія автозаводу

Під час автоматизації складання складних об'єктів, як-от двигунів автомобілів, часто автоматичні пристрої для складання окремих елементів розташовують на лінії з транспортним пристроєм, перемижуючи з позиціями, на яких деякі складальні роботи виконуються вручну. Такі лінії можна називати напівавтоматичними.

Одразу хочу зауважити, що в даному курсі розглядаються технологічні особливості обробки лише деяких деталей автомобілів, причому розподіл матеріалу в тексті не цілком відповідає класифікації деталей за їхніми технологічними ознаками.

Також слід зазначити що в існуючій навчальній і технічній літературі (переважно англійській), викладено великий матеріал з питань ручного і механізованого складання, але майже відсутні відомості про автоматичні установки, напівавтоматичні та автоматичні лінії для складання вузлів, механізмів і агрегатів автомобілів, що з'явилися останнім часом. Тому для отримання найсучаснішої інформації з напряму «Автоматизація складальних процесів в автомобілебудуванні» слід навчитися самостійно користуватися пошуковими системами на кшталт Google.

13.1 Виготовлення деталей типу корпусів

13.1.1 Загальні відомості про деталі типу корпусів

Корпуси є основними частинами вузлів машин, найважливішими елементами конструкції. Часто в них розташовані ті чи інші механізми.

До корпусних деталей в автомобілях належать картери коробок передач, блоки циліндрів двигунів, корпуси редукторів тощо. Зазвичай корпуси – це литі деталі коробчастої форми. У деяких випадках корпусами є зварні вузли, частини яких виготовлені штампуванням (наприклад, штампозварні задні мости і корпуси трансмісій автомобілів).



Рисунок 13.3 – Привалочна площа картера коробки передач автомобіля

Характерними технологічними особливостями корпусних деталей є наявність привалочних площин (площин стику з іншими елементами машини), отворів, точно координованих стосовно цих площин і стосовно один одного, і кріпильних отворів. Основні поверхні – привалочні площини та отвори під вали і підшипники – обробляють з високою точністю. Кількість і розташування таких площин буває різною. У багатьох випадках у корпусах мають бути точно оброблені також зовнішні поверхні обертання.

Розміри корпусних деталей ризуються значною мірою. Їхні конфігурації вельми різноманітні та визначаються необхідним розташуванням окремих елементів конструкції механізму, що об'єднуються корпусом в одне ціле.

Під час проектування технологічних процесів обробки корпусних деталей необхідно забезпечити досягнення потрібної точності основних площин і посадкових отворів, а також необхідної точності їхньої взаємної координації. У багатьох випадках потрібно також забезпечити досягнення високої точності і правильного розташування зовнішніх поверхонь обертання, що координуються по

відношенню до привалочних площин і посадкових отворів. Для корпусних деталей, крім зазначених вище особливостей, характерне невелике відношення площ поверхонь, що піддаються обробці, до площ необроблюваних поверхонь. Ці особливості можуть бути властиві і деталям, які щодо виконуваних ними функцій у машині не належать до корпусів. Водночас конфігурації цих деталей і завдання, що вирішуються під час їхнього виробництва, схожі з тими, які специфічні для корпусних деталей.

До деталей, близьких за технологічними ознаками до корпусних, належать, наприклад, поршні двигунів машин. Поршні автомобільних і тракторних двигунів відливають з алюмінієвих сплавів у вигляді стаканів, більшість внутрішніх поверхонь яких не підлягає обробці. Зовнішні поверхні обертання і площини днищ обробляють з високою точністю. По відношенню до них мають бути точно розташовані отвори під поршневі пальці.

Технологічний процес обробки деталей визначається здебільшого характером операцій, у яких досягається задана точність розмірів і форм найвідповідальніших поверхонь і точність їхнього взаємного розташування. Тому умовно поршні можуть бути віднесені до деталей типу корпусних, незважаючи на їхні специфічні функції, що виконуються в машині.

3 технологічного погляду деталі типу корпусних можуть бути поділені на дві категорії.

1. Деталі, обробка основних поверхонь яких проводиться точінням. Це деталі невеликих і середніх розмірів, що за формою наближаються до тіл обертання. Прикладом таких деталей є поршні, корпуси масляних і водяних насосів, чашки диференціалів, частини кожухів півосей.

2. Деталі, основні оброблювані поверхні яких взаємно паралельні і перпендикулярні (площини значної протяжності і точні отвори значних діаметрів). Обробка площин таких деталей точінням незручна або неможлива. Для цих деталей характерна також наявність значної кількості отворів для кріпильних деталей, розташованих з різних боків.

До цієї категорії належить більшість великих корпусних деталей (блоки циліндрів, картери коробок передач та ін.), у яких часто привалочні площини розташовані так, що якщо уявити собі їх суцільними (на протязі всієї довжини, висоти і ширини деталі), то

вони утворюють призматичні тіла. Однак деталі другої категорії бувають і інших різних форм.

Для розроблення технологічних процесів доцільно заздалегідь подумки згрупувати поверхні, що підлягають обробці. Це угруповання полегшує розв'язання технологічних завдань щодо забезпечення потрібної точності обробки поверхонь і їхньої необхідної координації.

Часто в корпусних деталях є система ступінчастих отворів, вісь яких має бути перпендикулярна привалочній площині корпусної деталі. Зустрічається також група отворів, осі яких мають бути паралельні одна одній і перпендикулярні привалочній площині. Для поверхонь таких груп і повинні вирішуватися насамперед принципові питання вибору способів обробки, що забезпечують виконання технічних умов на виготовлення деталей.

Деталі типу корпусів можна поділити на прості та складні, на дрібні, середні та великі. Однак ці поділи умовні, і певні межі між ними провести важко.

На рис. 13.4 і 13.5 показано приклади простих, середніх деталей першої категорії, на рис. 13.6 наведено приклад невеликої деталі середньої складності віднесеної до другої категорії (картер рульового механізму вантажного автомобіля Volvo), на рис. 13.7 і 13.8 показано приклади складних великих деталей другої категорії.

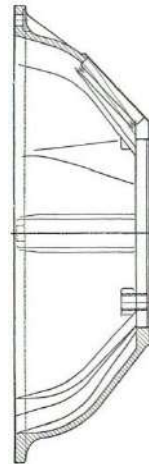


Рисунок 13.4 – Кожух зчеплення вантажного автомобіля
є прикладом простої корпусної деталі

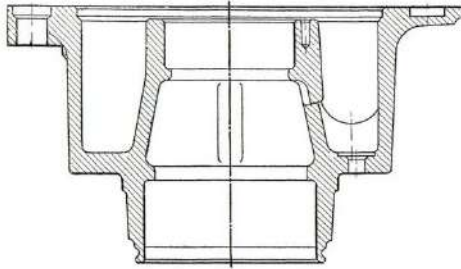


Рисунок 13.5 – Маточина колеса автомобіля

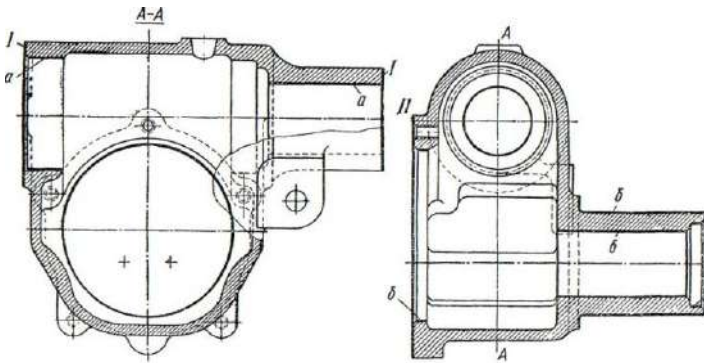


Рисунок 13.6 – Картер рульового механізму Volvo Trucks

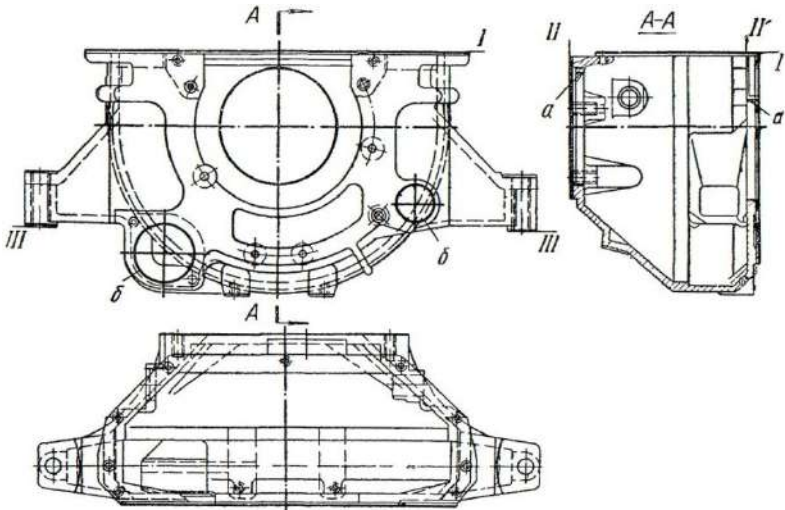


Рисунок 13.7 – Картер зчеплення вантажного автомобіля

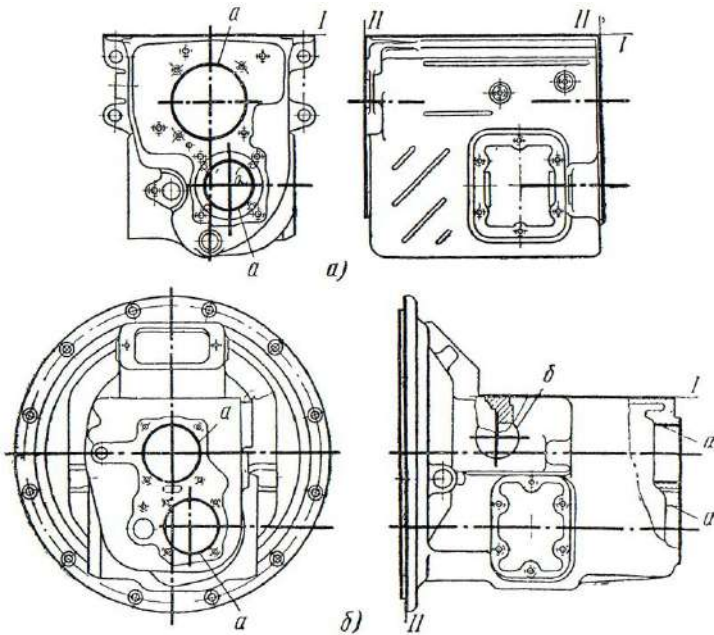


Рисунок 13.8 – Картери коробок передач вантажного автомобіля (а – без фланця, б – із фланцем)

13.2 Технологічність конструкції деталей типу корпусів

З погляду стабільності форм деталі, тобто найменшого деформування її під дією перерозподілу внутрішніх напружень, мають велике значення її конструктивні форми, що визначають собою, зокрема, жорсткість. Внутрішні напруження в заготовках деталей (особливо литих) виникають унаслідок нерівномірного охолодження окремих частин заготовки, що мають різні площі поперечних перерізів.

Для зменшення внутрішніх напружень у заготовках корпусних деталей необхідно забезпечувати в їхній конструкції плавні переходи від товстих частин до тонких і уникати потовщень. Передбачають також ребра для надання литій деталі жорсткості, що сприяє стабільності форми деталі.

Під час конструювання складних литих корпусних деталей мають бути враховані викладені вище міркування. Необхідна також правильна розстановка розмірів на робочому кресленні, виконана так, щоб під час обробки точно координованих поверхонь було забезпечено найбільшу зручність відліків розмірів, зручність налагодження верстата й уникнуто виникнення похибок базування.

Нижче наведені **найважливіші рекомендації з конструювання литих корпусних деталей.**

1. Найменша товщина стінок виливки залежить від її матеріалу, розмірів і методу виготовлення. Для виливків із сірого чавуну в піщано-глинисті форми товщина стінок має прийматися в межах 3–4 мм для дрібних виливків, 6–8 мм для середніх, 15–20 мм для великих.

У виливків з ковкого чавуну товщина стінок 3–6 мм (при отриманні чавуну з електропечі 3 мм). При литті в оболонкові форми товщина стінок виливків може бути значно меншою (до 1,5–2 мм у невеликих виливків).

У виливків з алюмінієвих сплавів під час лиття в землю товщина стінок 3–5 мм для дрібних, 5–8 мм для середніх виливків; під час лиття під тиском до 1,5 мм.

2. У моделях для формування небажані від'ємні частини.

3. Під час конструювання литих деталей слід прагнути уникати порожнин, що вимагають застосування стрижнів для їх виконання. Ці порожнини необхідно замінювати такими, які можна утворити

виступаючими частинами форми – болванами.

4. Бобишки і виступи на литих деталях зумовлюють ускладнення виготовлення моделей і формування; крім того, в місцях розташування бобишок може утворитися скупчення металу, що спричиняє усадочні раковини. Цього можна уникнути під час заміни бобишок приливами (рис. 13.9).

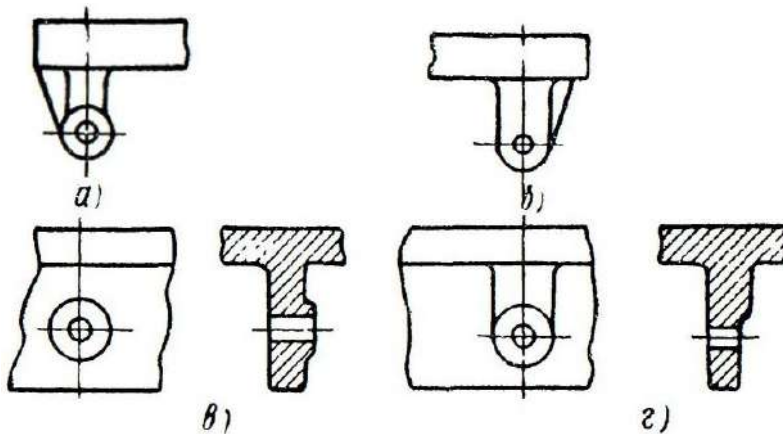


Рисунок 13.9 – Бобишки (а, в) і припливи (б, г)

В обох випадках необхідно забезпечувати можливість видалення моделей з форм без застосування від'ємних частин і додаткових стрижнів. Якщо під час відливання внутрішній контур деталі має бути утворений із застосуванням стрижня, то припливи і бобишки бажано розташовувати з внутрішньої сторони такої деталі.

5. Товщина ребер із зовнішнього боку виливків не повинна бути більшою за 0,8 товщини прилеглої стінки, а з внутрішнього боку – 0,5–0,6 цієї товщини. За більшої товщини ребер можливі усадочна рихлість і тріщини в місцях скупчення металу на стику ребра жорсткості зі стінкою. Висота ребра не повинна бути більшою за п'ятикратну товщину прилеглої стінки.

6. У виливках необхідно уникати вузьких пазів у виїмках, що оформляються тонкими виступами і перемичками ливарної форми, які можуть бути змиті металом у процесі заливки.

7. Площини, що підлягають обробці, мають бути відкритими. Їх слід розташовувати на одному рівні (рис. 13.10). Вони повинні чітко

відокремлюватися від поверхонь, що залишаються чорними. Шліфовані площини не повинні бути суцільними. Слід уникати розташування оброблюваних площин у заглибленнях.

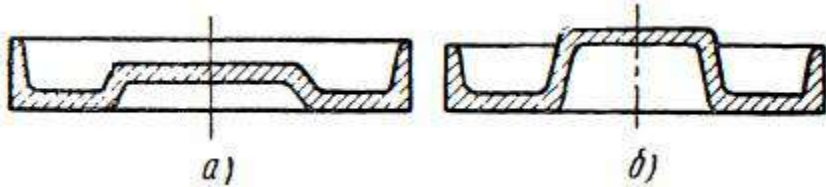


Рисунок 13.10 – Поверхні закриті (а) і відкриті (б)

8. Доцільно за можливості уникати глухих отворів (особливо різьбових). Отвори повинні бути простої форми і отримані обробкою деталі з одного боку. Найточніший ступінь отвору слід виконувати наскрізним. Оброблюваних виточок в отворах потрібно уникати.

9. Під час проставляння розмірів на робочих кресленнях деталей бажано враховувати такі міркування:

а) поєднувати установчі та вимірювальні (або конструкторські) бази, щоб виключати похибки базування. Якщо у деталі є поверхні, найбільш зручні для їх використання, такі як установчі бази, то розміри слід проставляти від цих поверхонь;

б) проставляти розміри від поверхонь, а не від осей;

в) проставляти розміри так, щоб не було потрібно перерахунків під час проектування технологічних процесів і щоб була забезпечена простота вимірювання деталі. Зокрема, має враховуватися можливість застосування охоплювальних (типу скоб) і охоплюваних (типу пробок) вимірювальних інструментів;

г) уникати проставляння допусків на розміри від осей симетрії, якщо в деталі є зручні вимірювальні бази;

д) проставляти в одній проекції на кресленні ті розміри, які відносяться до одного елемента деталі і забезпечуються обробкою за одну операцію;

е) вказувати розміри отворів під кріпильні деталі виносками, у разі великої кількості таких отворів;

ж) якщо група оброблюваних поверхонь далеко віддалена від основної бази, то недоцільно координувати кожну з таких поверхонь щодо цієї бази. Краще її пов'язувати розміром з однією з віддалених

поверхонь, а останню координувати короткими розмірами з іншими поверхнями цієї групи;

з) під час проставляння розмірів необхідно враховувати послідовність зміни форм і розмірів деталі під час її виготовлення і можливість зміщення ливарних стрижнів. Правильне розміщення розмірів на кресленні може бути виконано лише з урахуванням стадій виготовлення деталі;

і) бажано всі оброблювані за одну операцію поверхні координувати розмірами по відношенню до поверхні, оброблюваної першою за цю операцію. Цю поверхню слід координувати розмірами щодо поверхні, яка слугує вимірювальною базою (бажано, щоб вона збігалася з конструкторською та установчою базами).

13.3 Загальні технологічні особливості деталей типу корпусів

Форми і розміри деталей типу корпусів дуже різноманітні. Тому нижче розглядається виготовлення лише деяких представників таких деталей (до яких умовно віднесено також і поршні двигунів, маточини коліс і деякі інші деталі). Як зазначалося вище, деталі типу корпусів з технологічного погляду можна поділити на дві категорії:

1) деталі, близькі до тіл обертання, зовнішні та внутрішні поверхні яких циліндричної форми, що обробляються, з прилеглими площинами, які зручно обробляються точінням;

2) деталі здебільшого коробчастих форм лише з внутрішніми циліндричними поверхнями. Обробка площин таких деталей точінням незручна або неможлива.

До деталей першої категорії, зокрема, віднесено маточини коліс, чашки диференціалів, корпуси масляних і водяних насосів, картери рульового керування, поршні двигунів тощо.

Найменш складною є обробка деталей, у яких усі основні посадочні циліндричні зовнішні та внутрішні поверхні розташовані співвісно. У таких випадках їх обробка полягає в обточуванні, підрізуванні площин і розточуванні (у багатьох випадках і зовнішньому шліфуванні) таких поверхонь і в подальшій обробці кріпильних отворів. Типовими представниками таких деталей є маточини коліс, оброблювані з невисокою точністю (крім посадкових гнізд під підшипники).

До подібних же деталей, але оброблюваних більш точно, належать чашки диференціалів, що являють собою тіла обертання, у яких обточують і розточують поверхні і підрізають прилеглі площини.

Складніша обробка деталей, у яких зовнішні та внутрішні циліндричні поверхні не співвісні, а розташовані паралельно, перпендикулярно або під кутом одна до одної. До таких деталей належать, наприклад, корпуси масляних насосів (паралельне розташування камер під шестерні), картери коробок передач (рис. 13.8), картери рульового управління [перпендикулярне розташування точних посадочних отворів (рис. 13.6)] та поршні (перпендикулярне розташування отвору під палець до зовнішньої поверхні, яка піддається обточуванню і шліфуванню).

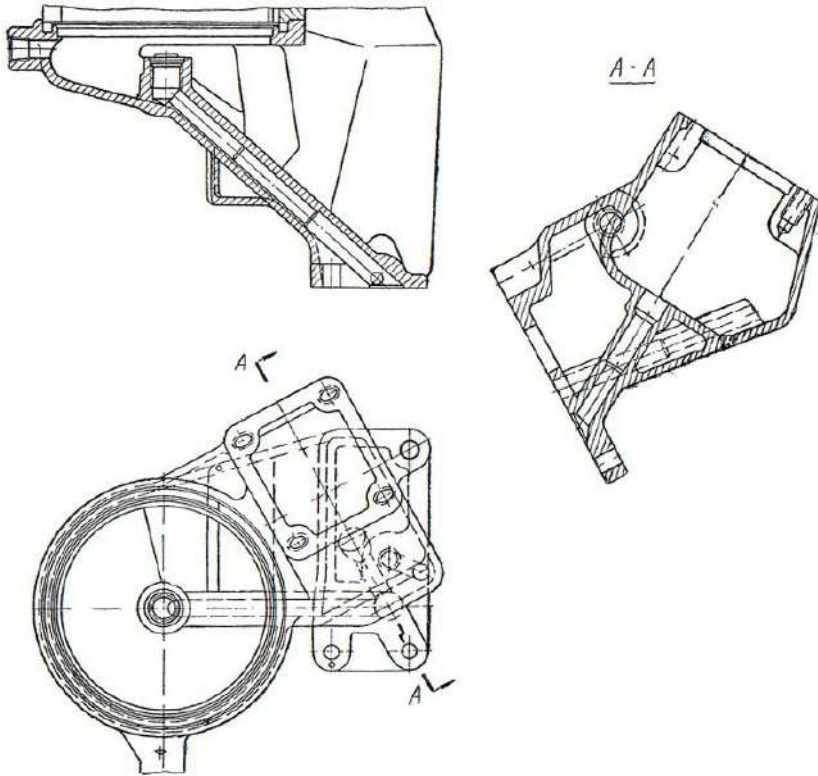


Рисунок 13.11 – Корпус масляного фільтра автомобіля

Складнішими є деталі другої категорії. Прикладом є корпус масляного фільтра, показаний на рис. 13.11. У цій деталі обробляються різні площини, розташовані під кутом одна до одної, розточуються посадкові поверхні й обробляються різні канали та отвори, осі яких також розташовані під різними кутами одна до одної.

Ще більш складними є картери зчеплення (рис. 13.7), картери коробок передач автомобілів (рис. 13.8). У них обробляють площини, паралельні та перпендикулярні одна до одної, точні посадкові отвори з паралельними осями та численні отвори під кріпильні деталі.

Найбільш складними деталями типу корпусів є блоки циліндрів і головки блоків двигунів.

Нижче наведено специфічні технологічні особливості деяких складних деталей тина корпусів.

13.3.1 Технологічні особливості поршнів

Поршні двигунів внутрішнього згорання являють собою рід стаканів, днища яких звернені в бік камер згорання. Форма зовнішньої поверхні днища визначається в основному способом сумішоутворення. Найпоширеніші поршні з плоским днищем.

У дизелях форма днища поршня робиться відповідно до форми і розташування струменів палива, у двотактних двигунах із щільною продувкою – відповідно до необхідного напрямку продувального повітря.

Верхня частина поршня називається головкою, а нижня – юбкою. У голівці поршня роблять канавки під поршневі кільця. Зазвичай у поршнях роблять 2–4 канавки під компресійні кільця, 1–2 під маслоснімні кільця. Канавки під маслоснімні кільця з'єднуються отворами з внутрішньою порожниною поршня.

На рис. 13.12 показано конструкцію поршнів бензинового двигуна, а на рис. 13.13 – поршня дизеля трактора.

Під час роботи двигуна поршень зазнає напруження від механічних і теплових навантажень. На поршень впливає тиск газів, який у бензинових двигунів удвічі менший ніж у дизельних. Крім того, механічне навантаження створюється інерційними силами, особливо великими у швидкохідних двигунів.

Розміри канавок під поршневі кільця виконуються з високою точністю, щоб забезпечити необхідний діаметральний і торцевий зазори між поршнем і кільцем.



Рисунок 13.12 – Поршні сучасних бензинових двигунів

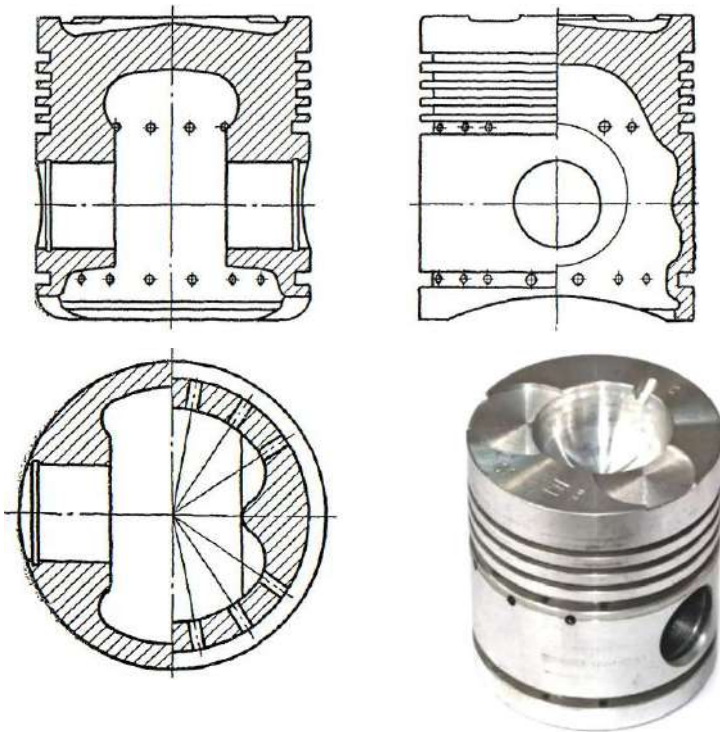


Рисунок 13.13 – Поршень дизельного двигуна (Д-144-1004021)

У поршнях деяких двигунів для зменшення зносу канавок під компресійні кільця і відповідного зменшення газопроникності та витрати масла канавки постачають вставками з жаротривких сплавів (зазвичай мідно-нікелевих) шляхом заливки їх у метал під час виготовлення заготовки поршня.

Юбка поршня служить направляючою частиною; через неї здійснюється основне відведення тепла. З цієї метою бічна поверхня юбки повинна рівномірно і щільно прилягати до дзеркала циліндра за середнього режиму роботи даного двигуна. Ця вимога забезпечується різними заходами. Основними з них є:

а) застосування овальної форми юбки з великою віссю овалу, розташованою під кутом 90° до осі поршневого пальця. Зменшення малої осі порівняно з великою перебуває в межах $0,1-0,5$ мм;

б) застосування розрізних юбок (на юбках поршнів старих двигунів, що нерідко підвищувало ймовірність поломки поршнів). Прорізи виконували у вигляді літер Т або П. Найпоширенішою була Т-подібна форма (рис. 13.14).

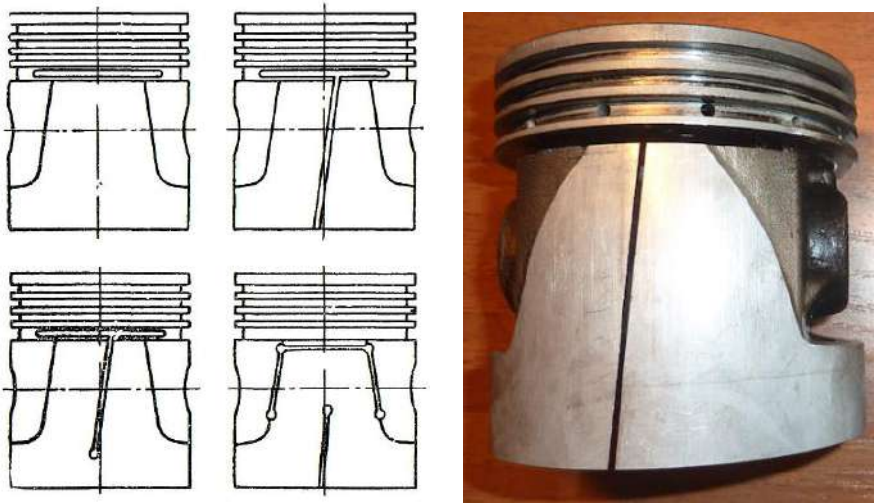


Рисунок 13.14 – Форми прорізів у юбках поршнів

Прорізи зменшують жорсткість поршнів, що важливо з технологічної точки зору. Наприклад, у поршнях деяких двигунів з іскровим запалюванням юбку виконують з косим розрізом, що робить

її більш пружною і дає змогу встановлювати поршень з мінімальним зазором, не побоюючись заклинювання;

в) застосування юбок конічної форми зі зменшенням діаметра у напрямку до головки поршня.

Для зменшення ваги поршнів швидкохідних двигунів юбка робиться не суцільною, а вирізаною: її стінки в цьому випадку мають вигляд козирків (рис. 13.15). За такої форми юбки тертя бічної поверхні її об дзеркало циліндра менше, ніж за суцільної юбки.



Рисунок 13.15 – Для кращого приробітку й запобігання задирам на юбку сучасного поршня наносять колоїдно-графітове покриття

Отвір під поршневий палець має бути виконано з високим ступенем точності, оскільки за неправильних зазорів і натягу в з'єднанні поршень–палець виникає швидке їхнє зношування і стукіт у двигуні.

Конструкція днища поршнів визначається типом двигуна і формою камери згоряння. Днища поршнів можуть бути плоскими, випуклими, увігнутими і фігурними. Їхня форма залежить від типу двигуна і камери згоряння, прийнятого способу сумішоутворення і технології виготовлення поршнів. Найпростішою і технологічною є саме плоска форма днища поршня.

Поршні з плоским днищем або з невеликою циліндричною виймкою найпоширеніші в бензинових двигунах. Така конструкція спрощує технологію виготовлення поршня. В останніх конструкціях

бензинових двигунів набули поширення поршні з конусним днищем та з відлітою на торці головки камерою згоряння спеціальної форми (технологія Skyactiv компанії Mazda).

У двотактних бензинових двигунах для утворення оптимальної форми камери згоряння і поліпшення продування циліндрів поршні роблять з опуклими, увігнутими або фасонними днищами (рис. 13.16).



Рисунок 13.16 – Форми днища сучасних поршнів двигунів

У дизельних двигунах, найчастіше, камера згоряння розташовується в днищі поршня. Її геометричні параметри суворо узгоджуються з розташуванням форсунки, кількістю і розподілом за об'ємом камери факелів розпилюваного палива, а об'єм визначається прийнятим ступенем стиснення (рис. 13.13).

Основні технологічні вимоги, що висуваються до обробки поршнів, наступні:

1. Висока точність розмірів і взаємної координації робочих бічних поверхонь, отвору під палець, канавок під кільця. Збереження заданих меж коливань зазорів здійснюється застосуванням селективного методу складання під час установлення поршня в циліндр двигуна. Для цього поршні підрозділяють на відповідні розмірні групи, число яких залежить від допусків на механічну обробку і допустимих коливань у зазорах. Після сортування на групи поршні тавруються номером відповідної групи. Сортувальні допуски на розмір юбки алюмінієвих поршнів обумовлені стандартами.

2. Висока точність координації поверхні днища щодо отвору під

палець, що визначає собою коливання в ступені стиснення.

3. Висока чистота обробки отвору під палець і бічних робочих поверхонь поршня.

4. Регламентована вага поршнів, відхилення якої від заданої повинні лежати у вузьких межах.

Матеріали, що застосовуються для виготовлення поршнів, повинні мати малу питому вагу, високу механічну міцність, малий коефіцієнт тертя, добру опірність зносу і корозії під час нагріву, коефіцієнт лінійного розширення, рівний або близький до коефіцієнта лінійного розширення матеріалу циліндра двигуна.

Для виготовлення поршнів застосовують чавун і алюмінієві сплави. Кожен із цих матеріалів відповідає лише частині зазначених вимог. Найбільше застосування мають алюмінієві сплави.

Чавун має високу міцність, зносостійкість і оптимальне значення коефіцієнта лінійного розширення. Внаслідок великої питомої ваги чавуну, чавунні поршні застосовують головним чином лише в тихохідних двигунах. Поршні з алюмінієвих сплавів мають меншу вагу, кращу теплопровідність і менший коефіцієнт тертя, ніж чавунні, але зате гіршу міцність і зносостійкість та в 2–2,5 рази вищий коефіцієнт лінійного розширення. Із зазначених причин поршні швидкохідних двигунів виготовляють з алюмінієвих сплавів.

Чавунні та алюмінієві поршні деяких сучасних двигунів покривають шаром олова електролітичним способом, або використовують графітні типи покриттів. Це дає змогу проводити краще припрацювання юбки поршня до дзеркала циліндра і створити проміжний антифрикційний шар.

13.3.2 Технологічні особливості головок блоків

Конструкції головок блоків залежать від багатьох факторів (форм камер згоряння, розташування клапанів, свічок, форсунок тощо). Оскільки в даний час повсюдно поширені двигуни з верхніми клапанами, нижче будуть розглянуті особливості виготовлення тільки головок таких двигунів. Для кріплення головки до блоку циліндрів у ній передбачено отвори, через які проходять різьбові шпильки (рис. 13.17). Спереду в лівій частині головки є просвердлені канали для подачі масла до клапанного механізму.



а



б

Рисунок 13.17 – Головка блоку циліндрів Audi A6 2.0 TFSI BPU зі шпильками та клапанами (а – загальний вид, б – вид знизу)

Технічні умови на виготовлення головок циліндрів регламентовані стандартами (ГОСТ, ДСТУ). За цими умовами головки тракторних двигунів виготовляють із сірого або легованого чавуну. Головки блоків автомобільних двигунів частіше відливають з алюмінієвих сплавів. Поверхні камер згоряння в головках блоків автомобільних двигунів зазвичай не обробляють. Під час обробки головок блоків мають бути витримані такі основні технічні умови: площинність привалочних площин і співвісність сідел клапанів щодо отворів запресованих напрямних втулок клапанів. Головки блоків піддають гідровипробуванню під тиском.

13.3.3 Технологічні особливості блоків циліндрів

Блоки автомобільних і тракторних двигунів підрозділяють на такі види: а) лінійні (для рядних двигунів); б) V-подібні. Вони можуть бути з мокрими або сухими гільзами, сухими напівгільзами, без гільз.

Крім того, блоки поділяють на одно- і дворядні, а також на блоки з нижнім і з верхнім розташуванням клапанів. Число циліндрів у тракторних двигунів 2–4, в автомобільних 4–12.

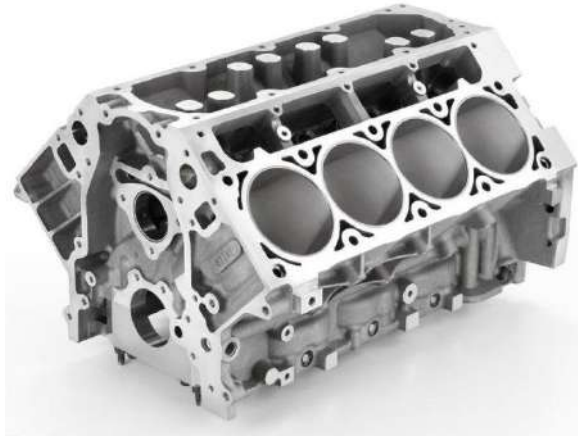


Рисунок 13.18 – V-подібний блок циліндрів двигуна

Раніше зустрічалися блоки з підшипниками кочення (тунельні), однак, зазвичай блоки роблять із корінними підшипниками ковзання. Для сучасних автомобілів із двигунами середнього літражу характерне

застосування V-подібних шести- восьмициліндрових алюмінієвих блоків з верхнім розташуванням клапанів з мокрими чавунними гільзами. У малолітражних автомобільних двигунів блоки найчастіше лінійні – чавунні або алюмінієві, з сухими напівгільзами і з верхнім розташуванням клапанів.

Тракторні двигуни мають чавунні лінійні блоки з верхнім розташуванням клапанів і з мокрими гільзами. Блок відливають разом із верхньою частиною картера, що забезпечує більшу жорсткість конструкції і меншу трудомісткість механічної обробки порівняно з обробкою блоків, відокремлених від верхньої частини картера.

Крім того, в останньому випадку через меншу жорсткість конструкції ребра мають бути товстшими, а отже, витрачається більша кількість металу, ніж під час виготовлення блок-картерів.

Вага лінійного чавунного блока становить 25–37 % від ваги двигуна, причому, якщо клапани розташовані в голівці, вага блока виходить меншою на 15–40 %. Найменшу питому вагу на 1 к.с. мають алюмінієві блоки V-подібних двигунів, короткохідних, з верхнім розташуванням клапанів.

Товщини стінок і перегородок у чавунних блок-картерах становлять 5–8 мм. Стінки водяних сорочок роблять товщиною 4–7 мм. Допустиме коливання товщини стінок 1,5–2 мм. В алюмінієвих блоках товщина стінок на 1,5–2 мм більша, ніж у чавунних.

Обробка окремих елементів блоків виконується з високою точністю. Особливо важливе значення має точність розмірів і форми дзеркала циліндрів (або посадкових пасків під гільзи), гнізд (ліжок) під вкладиші корінних опор. Важливо також забезпечення правильного взаємного розташування зазначених поверхонь.

Блоки піддають гідровипробуванню водяних сорочок.

13.4 Виготовлення заготовок для деталей типу корпусів

Деталі типу корпусів, що застосовуються в автомобілях і тракторах, відливають із сірого чавуну, ковкого чавуну і з алюмінієвих сплавів. Компоненти для двигунів внутрішнього згоряння випускають такі всесвітньовідомі фірми, як Kolbenschmidt, Federal Mogul, Mahle, Nural, Glyco, AE. Відливання деталей із чавуну в автомобільній і тракторній промисловості за великих програм випуску

здійснюють такими способами:

- 1) у піщано-глинисті форми, отримані ручним або машинним формуванням з металевими моделями;
- 2) у стрижневі форми;
- 3) в оболонкові форми.

Відливання деталей типу корпусів із кольорових сплавів здійснюють:

- 1) у піщано-глинисті форми, отримані ручним (рис. 13.19) або машинним формуванням з металевими моделями;
- 2) у стрижневі форми;
- 3) у кокілі;
- 4) на ливарних машинах під тиском.

Найточніші заготовки отримують із кольорових сплавів під час відливання під тиском у металевих формах. Точність виливків, чистота поверхні та величини припусків на обробку заготовок, цілком залежить від використовуваних способів (технології) виливки.

Нижче наведено основні відомості про технологію виготовлення заготовок деяких деталей типу корпусів, обробку яких розглянуто далі. Заготовки для поршнів автомобільних і тракторних двигунів отримують литтям. Під час штампування і пресування досягається краща якість металу заготовки і більш раціональне розташування волокон, що забезпечує високу механічну міцність штампованих і пресованих поршнів. Однак собівартість штампованих і пресованих заготовок вища, і тому отримання їх зазначеними методами має обмежене застосування. Штампування і пресування доцільно застосовувати під час отримання заготовок поршнів дизелів, що мають прикриті камери згоряння.

За невеликих розмірів прикритих камер згоряння важко забезпечити хороше заповнення форм металом, а наявність тонких стінок юбки зумовлює виникнення великих ливарних напружень. Основним методом отримання заготовок поршнів без камер згоряння є відливання. За великих програм випуску, виливки виробляють на спеціальних ливарних машинах.

Наприклад, на заводі поршнів компанії FATA Aluminum (Ківассо – італ. Chivasso, місто у 20 км на північний схід від Турина, <https://fataaluminum.com>) для отримання виливків встановлено кокільний автомат карусельного типу.

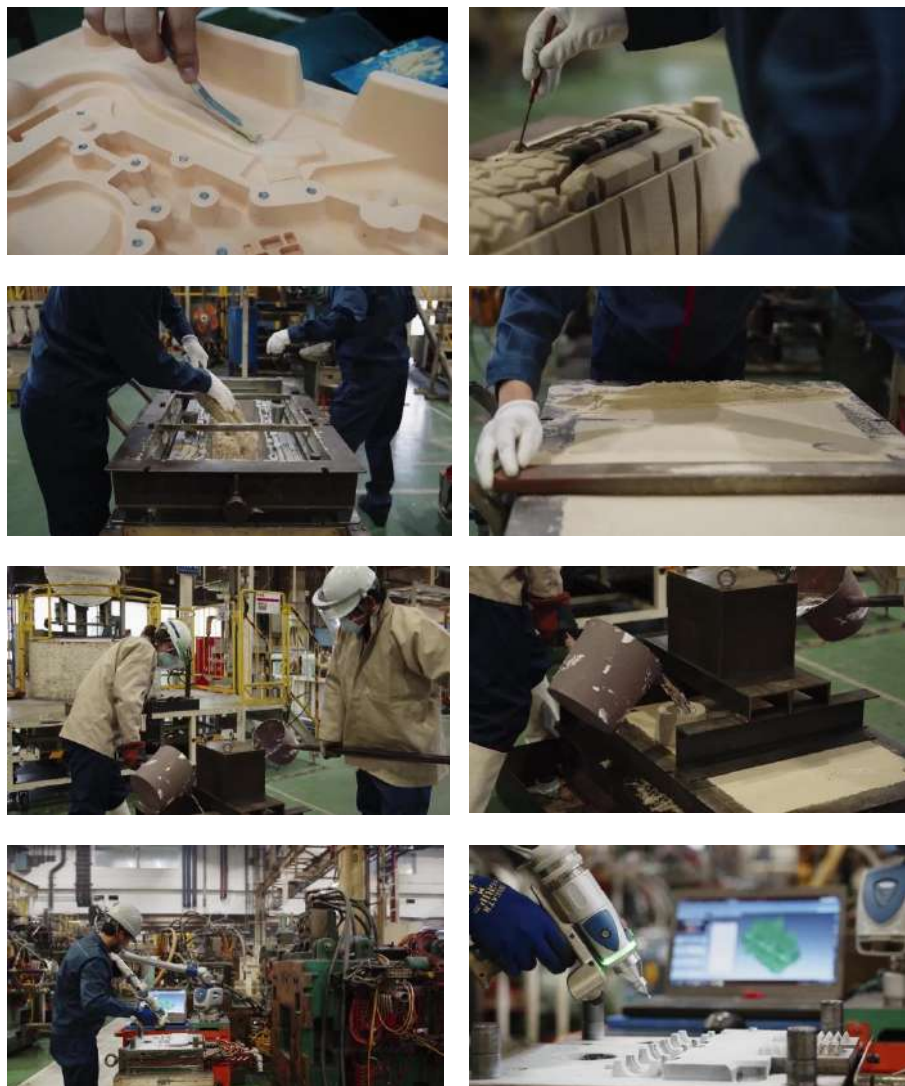


Рисунок 13.19 – Процес ручного формування виплавленої моделі блоку циліндрів двигуна автомобіля в піщано-глинистій формі, подальшій заливки рідким алюмінієм та контролю якості отриманої форми на заводі ISUZU (Японія)

Автомат компанії FATA має шість однакових незалежних секцій. Кожна секція забезпечена системою механізмів, що забезпечують переміщення частин кокіля.



Рисунок 13.20 – Заготовка поршня (а) автомобільного двигуна і готові поршні (б) (FATA Aluminum, Italy)

На першій позиції механізми секції замикають зібраний кокіль і проводиться заливка рідкого металу. Для поліпшення умов протікання усадки металу під час затвердіння на другій позиції проводиться невелике висування середнього клина стрижня.

На третій позиції механізми секції виймають всі стрижні і розводять напівматриці кокіля. Після цього виливок знімається і видаляється спеціальним автоматичним маніпулятором. На четвертій позиції механізми секції збирають окремі частини стрижнів у єдиний блок. З метою охолодження й осадження на робочій поверхні стрижнів колоїдально–дисперсного графіту (що запобігає налипанню рідкого металу на стрижні) на п'ятій позиції здійснюється замочування блоку стрижнів у графітізованій воді.

Тому механізми секції на цій позиції не працюють. На шостій позиції механізми секції збирають кокіль для наступної заливки. Пересування секції з позиції на позицію здійснюється поворотом столу, на якому вони встановлені. Рідкий метал із плавильного агрегату подається через дозувальний пристрій на першу позицію кокільного автомата.

Плавильний агрегат складається з камери для підігріву і розплавлення металу, металосбірника, рафінувальної камери і камери

видачі. Камера видачі плавильного агрегату з'єднана з дозувальним пристроєм жолобом.



Рисунок 13.21 – Процес охолодження зануренням у воду отриманих алюмінієвих заготовок за допомогою механічного маніпулятора (FATA Aluminum, Italy)

Автоматичне виробництво литих алюмінієвих заготовок для поршнів може бути здійснено за іншим принципом. Наприклад, на одному іноземному автомобільному заводі для отримання заготовок застосована автоматична лінія, описана нижче. Продуктивність її близько 10 млн. заготовок на рік. Лінія складається з 18 напівавтоматичних ливарних машин, кожна з яких видає 120 заготовок на годину. На кожні дві ливарні машини встановлена одна плавильна піч.

Два кокілі на одній ливарній машині заливаються одночасно. Поки охолоджуються кокілі першої машини, проводиться заливка в

кокілі другої машини. Затверділий вилівок витягують механічною рукою і передають на стрічковий транспортер. Після видалення літників і прибутків заготовки піддаються старінню в печі при температурі 220°C і далі рухомих транспортером передаються на склад. Для отримання алюмінієвих литих заготовок застосовують алюмінієві сплави (типу АЛ-10, АЛ-25); технічні умови на виготовлення поршнів регламентовані стандартами (ГОСТ, ДСТУ).

Точність заготовок алюмінієвих поршнів, що виготовляються відливанням у металеві форми, відповідає 5÷7-му класу точності. Припуск на механічну обробку складає 0,1–1,5 мм на бік. Ливарні ухили зазвичай знаходяться в межах 2°.

Термічна обробка (старіння або відпуск) заготовок поршнів проводиться з метою досягнення однорідності їхньої структури, для чого вилівки після обробки ливників нагрівають і витримують у печах протягом 12 год за температури 220–230°C.

Особливо складними вилівками є заготовки головок із розташованими в них вихровими камерами і дифузорами, утвореними в самому вилівку (тобто головки без вставних дифузорів). Чавунні головки блоків двигунів відливають у піщано-глинисті форми (рис. 13.22).

Технічні умови, що висуваються до цих вилівок, такі: обмежений зсув за роз'ємом (до 1,5 мм), регламентована конусність і еліпсність гнізда під вставки (до 1 мм), обмежена неплоскостність привалочних площин у вилівку (до 1 мм на всій довжині), обмежена їхня непаралельність (до 1,5 мм на всій довжині).

Головки циліндрів з алюмінієвих сплавів відливають у стрижневі форми або в кокілі. Матеріалом для таких заготовок головок є алюмінієві сплави (типу АЛ9, АЛ4). Часто відливання проводять під тиском до 6 атм, після відливання заготовки гартують і піддають старінню.

Відливання головок блоків проводять привалочною площиною до блоку («дзеркалом») догори, оскільки в цих місцях відливка масивніша, а тому повинна остигати повільніше, отримуючи живлення з літників.

Внутрішні порожнини у вилівку утворюються за допомогою піщаних стрижнів, які монтують під час відливання в кокіль па піщано-глинистій кришці кокіля. Водяна сорочка оформляється двома стрижнями.

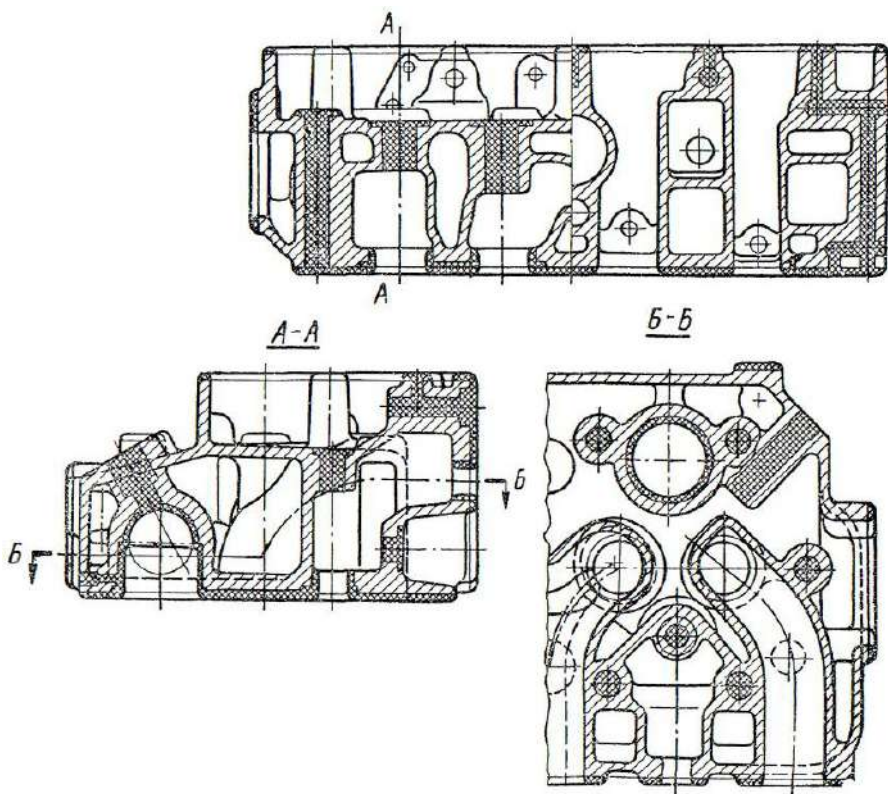


Рисунок 13.22 – Приклад заготовки блоку тракторного двигуна

Інші стрижні служать для утворення інших отворів (під напрямні втулки для клапанів тощо). Деякі отвори утворюють стрижнями не на повну глибину (за великого відношення довжини отворів до діаметру стрижня), однак і в цьому разі зменшується витрата металу та полегшується механічна обробка.

Під час відливання в кокіль можна досягти більш високої точності заготовок і кращої їхньої якості. Однак складні кокилі дорогі, а умови заповнення форми і газовиділення гірші, ніж під час відливання в піщано-глинисті або стрижневі форми. Причина останнього в тому, що рідиннотекучість сплаву сильно зменшується під час його потрапляння в теплопровідну металеву форму,

малоподатливу і газонепроникну. Незважаючи на зазначені недоліки, відливання в кокіль знаходить широке застосування в масовому виробництві головок блоків двигунів, оскільки дає змогу отримати точність виливків до 5–го класу (під час відливання під тиском) замість 8–го класу під час відливання в стрижневі форми.

Блоки циліндрів належать також до одних із найскладніших литих деталей. Численні порожнини складної форми, мала товщина зовнішніх і внутрішніх стінок, численні ребра жорсткості та високі вимоги, що висуваються до якості виливки цих відповідальних деталей, визначають собою складну технологію виготовлення стрижнів і формування блоків. Особливо складно виготовлення виливків блоків із сухими гільзами. Тому частіше застосовують блоки з мокрими гільзами, хоча у перших є деякі суттєві переваги.

Чавунні блоки зазвичай відливають у піщано-глинисті форми. У їхніх стінках із зовнішнього боку влаштовують вікна для спрощення застосовуваних стрижнів і для полегшення очищення виливків.

Допустиме коливання товщини стінок виливків блоків із чавуну 1,5 мм. Допуски на розміри відповідають 9–му класу точності.

Блоки з алюмінієвих сплавів відливають тими самими способами, що і їхні головки, тобто в стрижневі форми або в кокілі.

13.5 Контроль заготовок деталей типу корпусів

В умовах масового виробництва має велике значення контроль розмірів заготовок деталей до їхнього надходження на механічну обробку, при великих програмах випуску обробку проводять під час установлення і затискання деталей у пристосуваннях у багатьох випадках на автоматичних верстатах і на автоматичних верстатних лініях. Правильне положення деталі на верстаті має бути гарантоване.

Відхилення в розмірах заготовок від заданих і відповідні коливання у величині припусків на обробку не повинні впливати на сили різання і стійкість інструментів більшою мірою, ніж це передбачено запроєктованим технологічним процесом. Ці міркування особливо стосуються деталей типу корпусів.

Контроль виливків здійснюють у заготівельному (ливарному) цеху в спеціальних контрольних пристосуваннях від тих самих баз, на яких проводять обробку в перших операціях у механічних цехах (первинних баз).

Контрольні пристосування частіше бувають з індикаторами або з набором щупів і шаблонів, якими перевіряють розміри і взаємне положення поверхонь заготовок. Такі пристосування бувають накладними і стаціонарними.

Контроль заготовок деталей типу корпусів, віднесених нами до першої категорії, в тому разі, якщо вони являють собою тіла обертання, зводиться до перевірки розмірів і положення осьових поверхонь і площин, які піддаються надалі механічному обробленню.

Накладне пристосування для контролю литої заготовки головки блока представлено на рис. 13.23, воно застосовується для перевірки правильності взаємного розташування днищ камер стиснення.

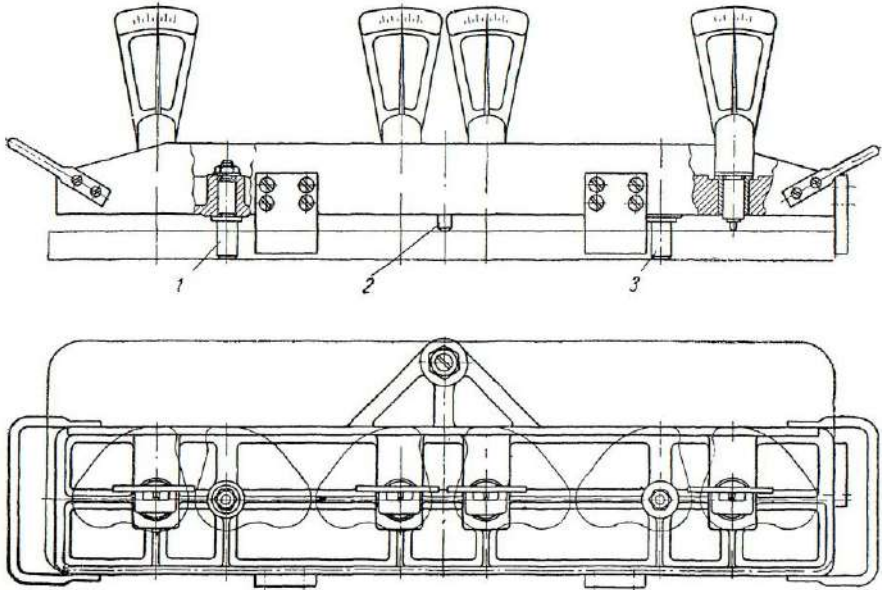


Рисунок 13.23 – Контрольне пристосування для перевірки заготовки головки блока

Пристосування впирається двома штирями 1 і 3 в дно камер стиснення і пальцем 2 в поверхню «дзеркала». Відхилення в положенні днищ камер стиснення від загальної площини (до $\pm 0,8$ мм) реєструють індикаторами, кінці яких впираються в днища камер стиснення (окрім тих, у які встромлені штирі 1 і 3).

За допомогою стаціонарного пристосування для контролю литої заготовки картера диференціала автомобіля (рис. 13.24) контролюють розміри заготовки, що визначають величину припуску на заготовку. механічну обробку отвору і прилеглого фланця. Під час обробки центрального отвору первинними базами є ті самі зовнішні поверхні хвостовиків, якими заготовку встановлюють в призми, що сходяться 2 і 5 контрольного пристосування.

Обробку фланця проводять на базі розточеного центрального отвору і торця фланця, який у контрольному пристосуванні орієнтується упором 3. У цьому пристосуванні правильність розмірів, форми і положення центральних отворів у заготовки перевіряють висувними шаблонами 1 і 6, а положення і форму площини фланця – п'ятьма висувними щупами 4.

13.6 Загальні зауваження про механічну обробку деталей типу корпусів

Найважливішим завданням під час проектування технологічних процесів механічного оброблення деталей типу корпусів є вибір раціональних способів забезпечення потрібної точності основних поверхонь деталі, чистоти їхнього оброблення і забезпечення потрібної точності їхнього взаємного положення.

Як вище вказувалося, найважливіші оброблювані площини і циліндричні поверхні можна поділити на певні групи і вирішувати питання, про способи обробки поверхонь однієї групи і про раціональні методи забезпечення потрібного взаємного положення окремих груп поверхонь. Найбільшої точності взаємного положення поверхонь і їхніх груп можна домогтися під час обробки їх за одну операцію та при суміщенні настановних і вимірювальних баз. Бажано, щоб ці бази збігалися з конструкторськими. Поєднання настановних баз з вимірювальними, або вимірювальних з конструкторськими – не завжди можливе. У цих випадках можуть бути застосовані допоміжні бази, що дає змогу забезпечувати потрібну точність навіть за неможливості суміщення баз.

Під час обробки намагаються приймати за первинні бази ті поверхні, які залишаються необробленими в готовій деталі, бо оброблювані поверхні можна орієнтувати під час зняття з них металу стосовно тих, які не піддають обробці.

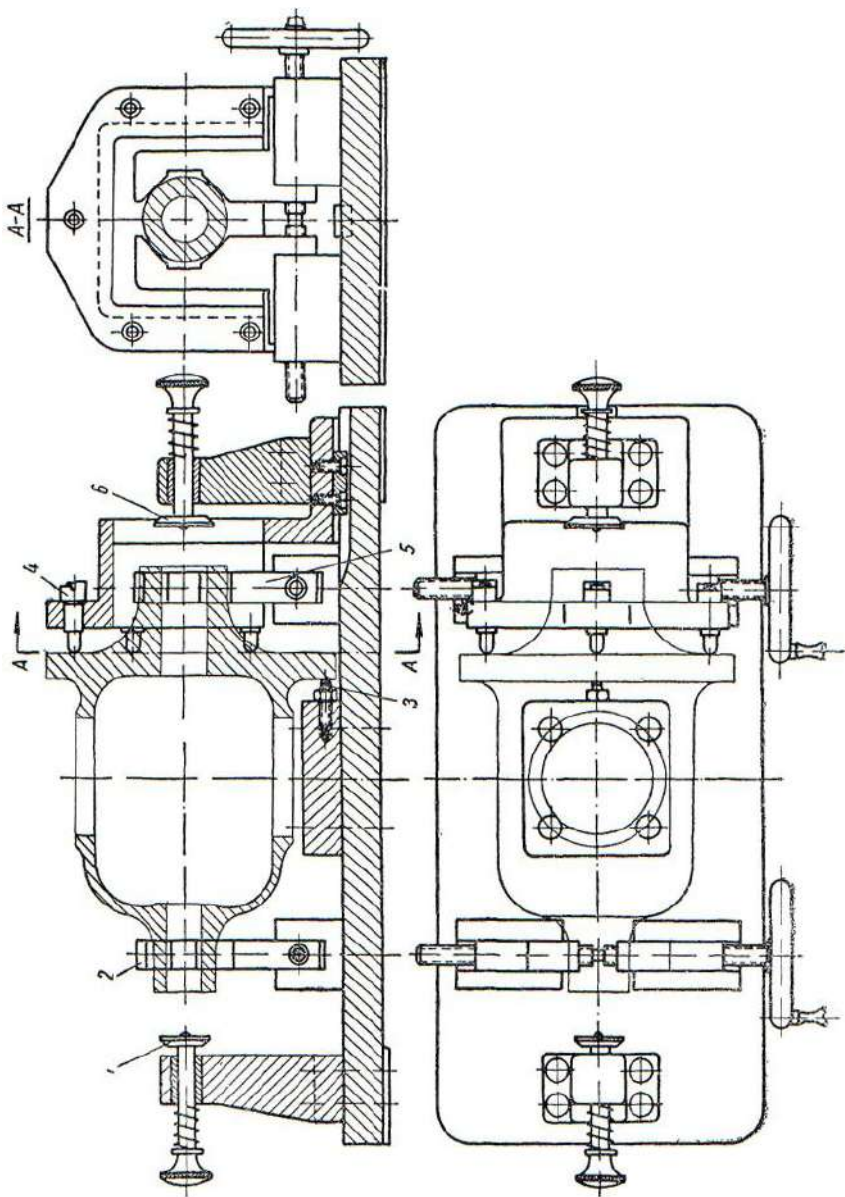


Рисунок 13.24 – Контрольне пристосування для перевірки заготовки картера диференціала.

У деяких випадках виявляється доцільним, в якості первинних баз використовувати отвори, що підлягають надалі обробці. Це стосується в основному деталей типу корпусів, віднесених нами до другої категорії.

Для деталей, віднесених нами до першої категорії, характерно починати обробку з розточування основних отворів і підрізування прилеглих торців. Ці поверхні приймають за бази при подальшій обробці. Первинними базами в цих випадках зазвичай є зовнішні необроблювані поверхні.

Під час обробки отворів у корпусних деталях другої категорії в якості установчої бази використовують площини достатньої протяжності для забезпечення стійкого положення деталі під час обробки поверхонь, які мають бути точно орієнтовані відносно площин, прийнятих за установчі бази.

Для обробки таких поверхонь іноді потрібне використання допоміжних баз у вигляді невеликих площадок, які спеціально фрезерують для встановлення деталі під час обробки (такі допоміжні бази використовують, наприклад, під час обробки блоків циліндрів двигунів).

Складні литі корпусні деталі автомобілів і тракторів характеризуються наявністю отворів значних діаметрів, які утворені під час відливання і піддаються механічній обробці. Ці отвори, а також необроблювані порожнини зазвичай отримують у заготовках за допомогою відповідних стрижнів.

На початку технологічного процесу обробки великих деталей рекомендується проводити чорнове зняття металу з поверхонь значної площі для того, щоб створити сприятливі умови перерозподілу внутрішніх напружень в оброблюваній деталі, під впливом яких вона деформується.

Поділ обдирних і чистових операцій сприятливий з погляду можливості найбільшого перерозподілу внутрішніх напружень (особливо, після зняття ливарної кірки). Тому часто після обдирання поверхонь значних площ виконують свердління дрібних отворів та інші другорядні операції до переходу до чистової обробки точних відповідальних поверхонь.

Під час зняття основних шарів металу в процесі обдирання виникають значні сили різання, і, відповідно, необхідне застосування значних сил для закріплення деталей. Сукупна дія цих сил може також

бути причиною деформацій деталей під час обробки.

Забезпечення потрібної точності в розмірах, формі та положенні поверхонь деталі може бути здійснено подальшою чистовою обробкою.

Деталі другої категорії мають зовнішні і внутрішні оброблені площини, які не можуть бути обточені через конструктивні особливості деталі, яка найчастіше має коробчасту форму. Обробку таких деталей необхідно проводити на фрезерних або протяжних верстатах, що обумовлює розчленування технологічного процесу на більшу кількість операцій (або на автоматичних лініях – на більшу кількість позицій), ніж під час оброблення деталей першої категорії.

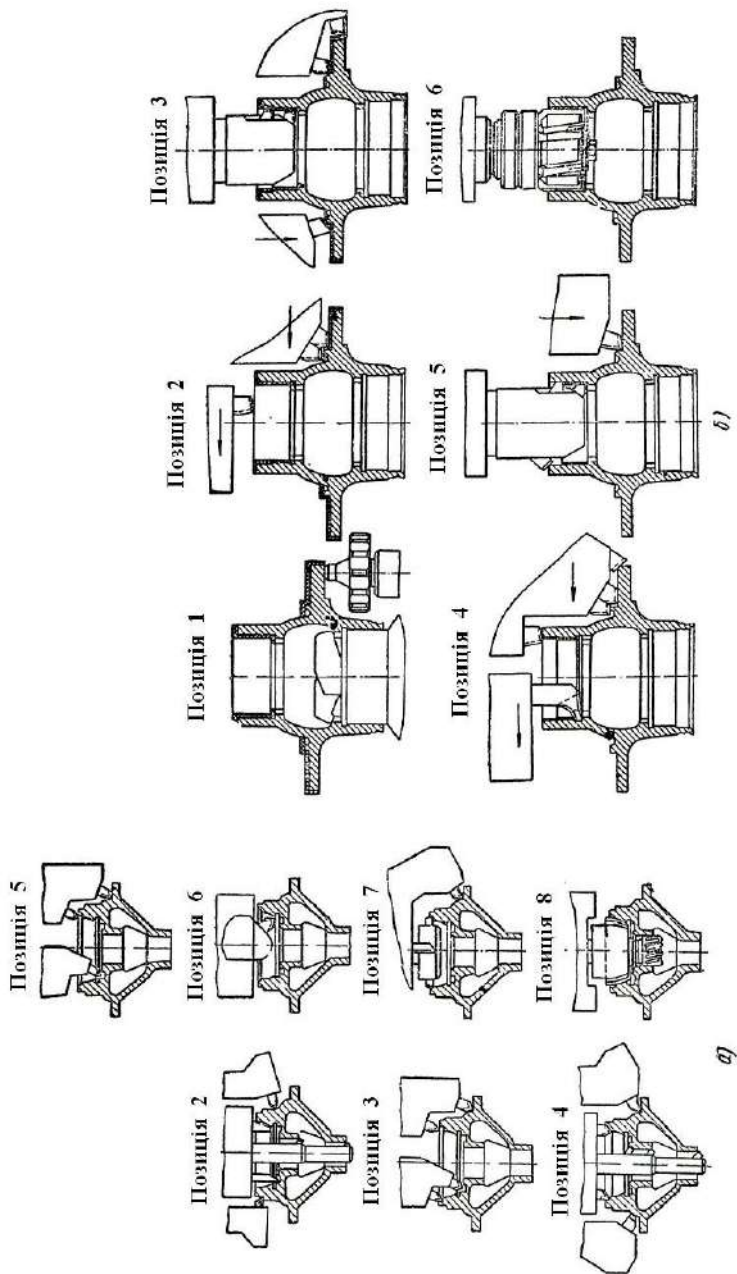
Для обробки останніх характерне застосування багатопозиційних вертикальних або горизонтальних токарних напівавтоматів, на яких виконують обточування основних зовнішніх поверхонь, що точно координуються, зокрема площин, а також обробку отворів. Таким чином, навіть за відсутності автоматичних ліній створюється високий ступінь концентрації технологічного процесу.

Під час обробки деталей другої категорії (якщо не застосовуються автоматичні лінії) обробка протяжних площин (однієї або декількох одночасно) виконується в самостійних операціях, окремо від обробки отворів. При застосуванні автоматичних ліній це здійснюється в окремих позиціях лінії.

Таким чином, за однакових програм випуску для деталей першої категорії підстав для застосування автоматичних ліній менше, ніж для деталей другої категорії. Наприклад, чашки диференціалів, у яких значна кількість поверхонь, що точно опрацьовуються, майже повністю (включно зі свердлінням кріпильних отворів) обробляють на багатопозиційному токарновому напівавтоматі (рис. 13.25, *а*). Те саме стосується маточин коліс (рис. 13.25, *б*).

Корпуси масляних фільтрів – складні деталі з іншим взаємним розташуванням майже такого ж числа оброблюваних поверхонь, як і у чашок диференціалів, обробляють на різних верстатах при великій кількості операцій (позицій на автоматичних лініях).

Обробку площин значних площ у великих корпусних деталей проводять фрезеруванням на великих поздовжньо–фрезерних, барабанно–фрезерних і агрегатно–фрезерних верстатах або протягуванням на спеціальних горизонтально–протяжних верстатах.



а - чашки диференціала; б - маточни колеса
 Рисунок 13.25 – Обробка корпусних деталей на багатопшпindelних токарних напівавтоматах

В автоматичних лініях оброблення площин часто здійснюють на спеціалізованих поздовжньо–фрезерних верстатах, вбудованих у лінії. Барабанно–фрезерні верстати безперервної дії для фрезерування площин зазвичай мають шестигніздні барабани з горизонтальними осями обертання. Ці верстати бувають із чотирма і з шістьма горизонтальними шпинделями.



Рисунок 13.26 – Ділянка потокової лінії обробки блоків циліндрів

Протягування площин корпусних деталей – найпродуктивніший спосіб, застосований за дуже великих програм випуску. Протяжні верстати для обробки великих корпусних деталей – це дорогі машини великих розмірів. Під час обробки площин великих корпусних деталей велике значення має продуктивність фрезерних верстатів, на яких фрезерують поверхні значної протяжності. Продуктивність верстатів у цих випадках залежить від конструкції фрез.

За значних програм випуску фрезерування здійснюють виключно торцевими фрезами, оскільки вони мають такі переваги:

- велику жорсткість;
- у роботі перебуває кілька зубів фрези одночасно, що зумовлює спокійну роботу інструменту;
- деталь може бути оброблена з кількох боків одночасно;
- можна виготовляти фрези великого діаметру з великим числом зубів.

Остання обставина характеризується тим, що існують фрези діаметром 350–400 мм і більше зі 100–120 зубами, армованими твердими сплавами. При застосуванні таких фрез хвилинна подача може досягати 2 500 мм/хв.

Оброблення різних отворів у корпусних деталях здійснюють за значних програм випуску на багатошпиндельних агрегатних верстатах або на автоматичних лініях верстатів.

Автоматичні лінії для обробки корпусних деталей мають такі особливості:

- верстати зазвичай агрегатні, скомпоновані з нормалізованих вузлів і механізмів;
- транспортери штангові з собачками і з кулісними механізмами приводів зворотно–поступального руху (приводи механізмів гідравлічні);
- інструменти, закріплені в регульовані швидкозмінні державки, в яких налаштування на розмір проводиться попередньо, поза автоматичною лінією, для зменшення часу простою лінії через заміну інструментів і забезпечення їх стабільного положення;
- примусова зміна інструментів за встановленими періодами і використання лічильників циклів для цієї мети;
- гідравлічні механізми приводів подач силових головок, поворотні та підйомні пристрої, виштовхувачі, витрушувачі механізмів повороту штанги і поперечні транспортери;
- живлення мастилом усіх систем (крім самодіючих силових головок) від гідростанцій, на яких розміщені гідропанелі керування циклом роботи;
- механічний привід транспортерів стружки і повернення супутників;
- фіксація супутників (а часто й оброблюваних деталей) за

- допомогою фіксаторів, що висуваються гідравлічними пристроями;
- контрольні пристосування і блокування для перевірки наявності та глибини отворів під різьбу;
 - витрушувачі стружки для струшування деталі та супутника, які в цей самий час піддаються впливу струменя стисненого повітря;
 - видалення стружки вздовж ліній шнековими або стрічковими транспортерами, які виносять і скидають стружки в кінці лінії на цеховий транспортер.

Щоб автоматичні лінії виходили коротшими, з найменшим числом позицій, намагаються забезпечити якнайбільшу можливу концентрацію переходів у кожній позиції, що може бути досягнуто передусім застосуванням комбінованих інструментів для обробки отворів (цільних і складових свердел–розгортки тощо).

Однак цільні комбіновані інструменти важко заточувати, тому їх застосовують лише в деяких випадках, зокрема, коли необхідно забезпечити обробку свердлінням і розгортанням отвору в одній позиції або коли за невеликої кількості таких інструментів досягається істотне зменшення довжини автоматичної лінії. Комбіновані цільні розгортки застосовують також у тих випадках, коли важко забезпечити співвісність ступінчастих отворів іншими способами.

Концентрація технологічного процесу під час обробки корпусних деталей здійснюється головним чином застосуванням верстатів зі значним числом шпинделів, а також комбінованих складових інструментів або наборів інструментів (наприклад, набору фрез, багаторізцевих борштанг).

Скорочення довжини автоматичних ліній можливе завдяки двосторонньому розташуванню обладнання на лінії, що забезпечує збільшення кількості шпинделів, що вводяться в дію одночасно, або одноразово в одній позиції лінії.

Обмеження кількості шпинделів визначається мінімальною відстанню між ними, яка визначається розмірами підшипників і передавальних шестерень, а також можливістю зручної зміни та регулювання різальних інструментів під час переналагодження.

На автоматичних лініях під час обробки корпусних деталей на більшості позицій здійснюють обробку отворів (свердління,

розточування, зенкерування і розгортання). Отвори, які повинні бути точно орієнтовані відносно один одного, намагаються обробляти в одній позиції, щоб уникнути похибки установки, яка виникає при орієнтуванні деталі в різних позиціях.

Отвори, призначені для кріпильних деталей, тобто ті, які повинні під час складання розташовуватися проти кріпильних отворів сполучної деталі, доцільно свердлити з боку, який примикає до сполучної деталі, оскільки відстані між обробленими отворами виходять більш точними з боку розташування кондукторних втулок.

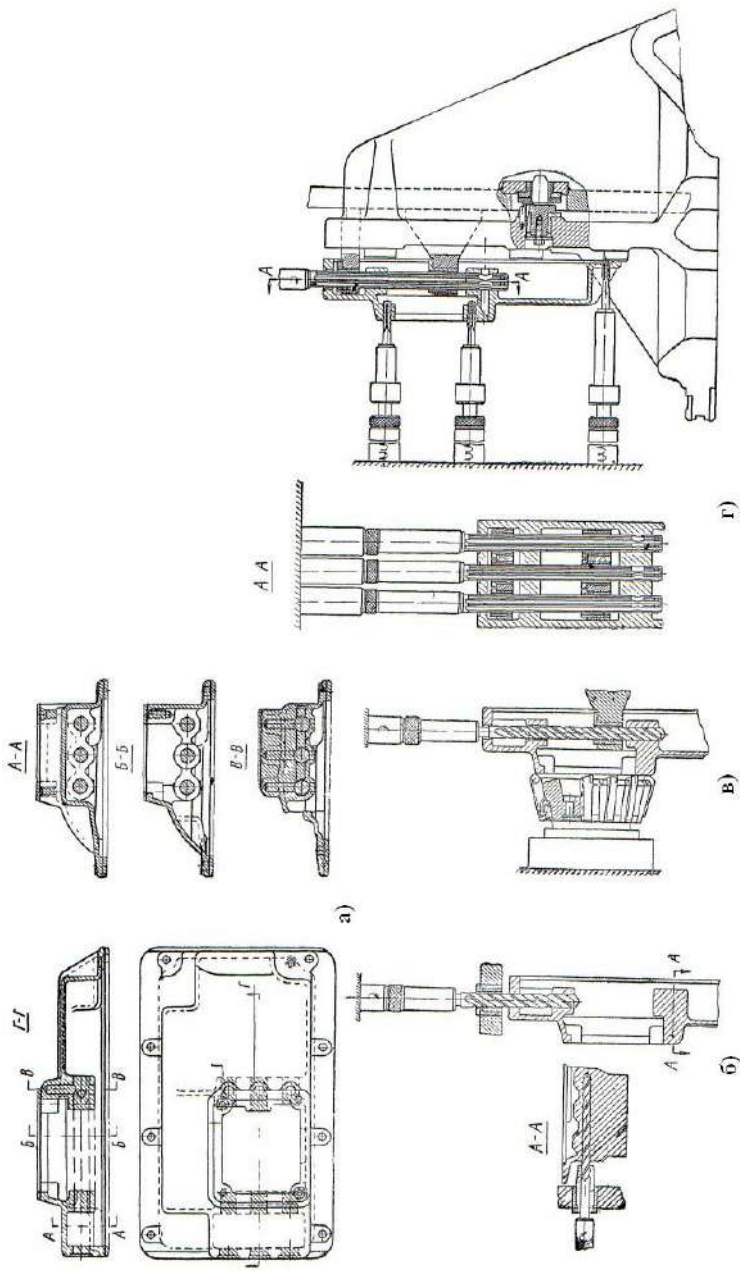
Для обробки корпусних деталей з різних сторін на автоматичній лінії їх доводиться повертати на 90° або 180° . Для цієї мети автоматичні лінії забезпечують поворотними столами або іншими пристосуваннями, що розділяють лінію обробки на окремі ділянки, між якими можуть зосереджуватися проміжні заділи деталей.

Створення поворотних пристосувань пов'язане з відповідними витратами. Поділ лінії на окремі ділянки тягне за собою збільшення числа транспортних пристроїв, ускладнення електричної системи тощо.

Тому за можливості, прагнуть проектувати технологічний процес обробки деталей на автоматичних лініях так, щоб число поворотів деталей у різні положення для обробки на лінії було мінімальним. Однак у деяких випадках повороти деталі неминучі.

Зазвичай на автоматичних лініях обробка нижньої і верхньої площин головок циліндрів двигунів проводиться в такій послідовності (одночасна обробка обох площин ускладнена внаслідок малої відстані між ними): спочатку фрезерується нижня площина попередньо, після повороту деталі на 180° фрезерується верхня площина попередньо і потім остаточно. Після другого повороту деталі, фрезерується нижня площина. «Зайвий поворот» головки циліндрів викликаний саме прагненням зменшити її викривлення після чорнового фрезерування обох площин.

У багатьох випадках під час обробки корпусних деталей на автоматичних лініях застосовують установчі пристосування – *супутники*. Вони переміщуються разом зі встановленими на них деталями, а потім повертаються до початку лінії. Супутники застосовують, однак, лише в тих випадках, коли без них не можна обробляти деталі на автоматичній лінії (рис. 13.27).



а - заготовка деталі; б-г - обробка на деяких позиціях лінії
 Рисунок 13.27 – Обробка кришки коробки передач на автоматичній лінії в сулутниках

Під час застосування супутників можливе виникнення додаткових похибок, пов'язаних із фіксацією супутників у певних позиціях на лінії обробки. Ці похибки можуть у деяких випадках додаватися до похибок встановлення деталей на самих супутниках.

Повернення супутників до початку обробки викликає в більшості випадків необхідність створення додаткових транспортних пристроїв, іноді складних і громіздких. Однак при застосуванні супутників вдається уникнути обробки допоміжних баз і забезпечувати водночас високу точність координації поверхонь, що обробляються в різних позиціях за однієї установки заготовки в супутник за необробленими її поверхнями.

Наприклад, корпус диференціала заднього моста автомобіля Ford обробляють на семипозиційній автоматичній лінії, причому забезпечують концентричність поверхонь значного діаметру і биття торцевих поясків не більше 0,05 мм. Крім того, витримуються досить жорсткі допуски на збіг точок перетину осей взаємно-перпендикулярних отворів.

Оброблювані деталі затискаються в патрони, розташовані по чотири на кожному супутнику. Супутники влаштовані так, що на деяких позиціях лінії оброблювані заготовки приводяться в обертання для обточування і розточування, а на інших позиціях лінії патрони з оброблюваними заготовками нерухомі. Таким чином, супутники являють собою немов би чотирьохшпindelні бабки, що переміщуються з позиції на позицію і автоматично орієнтуються і закріплюються в кожній позиції.

13.7 Особливості механічної обробки поршнів

Особливості механічного оброблення поршнів зумовлені порівняно складною формою деталей, високою точністю розмірів і взаємного розташування поверхонь і малою жорсткістю (особливо в діаметральному напрямку).

Зазначені обставини визначають вибір баз для механічної обробки поршнів. Під час їхнього виготовлення зазвичай використовують допоміжні устатковочні бази, за які у поршнів з юбками без вирізів можуть бути прийняті такі поверхні:

- два отвори в приливах юбки та її торець (рис. 13.28, а);
- циліндричний поясок юбки, один отвір у припливі юбки та її

- торець (рис. 13.28, б);
 - дві виймки («напівотвори») у приливах юбки та її торець (рис. 13.28, в);

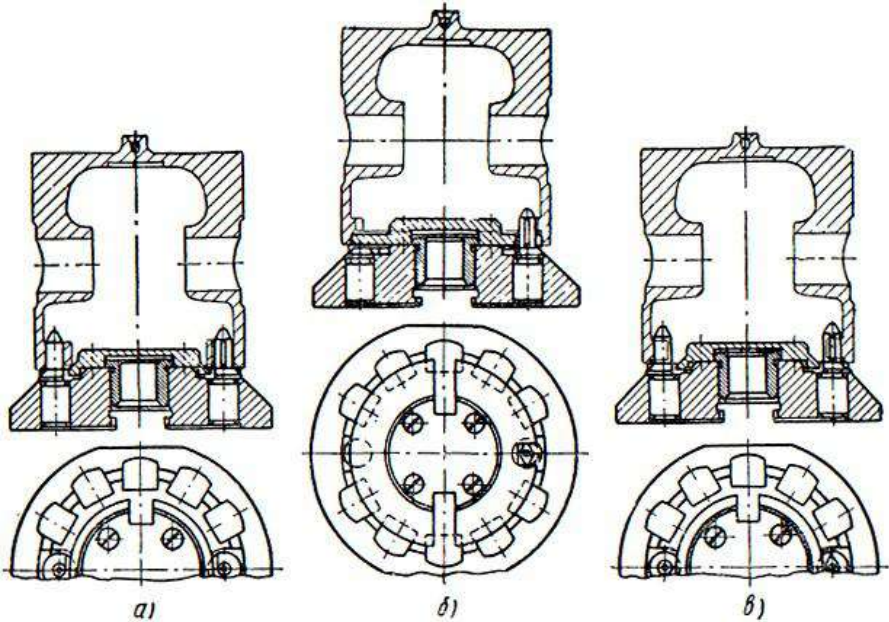


Рисунок 13.28 – Способи базування поршнів на автоматичних лініях

Під час обробки поршнів з вирізаними юбками базові отвори роблять у припливах бобишок під поршневий палець і осьове орієнтування поршнів здійснюють за попередньо обробленими площадками на припливах цих бобишок.

Використання допоміжних баз дає змогу затискати поршень без значних деформацій і забезпечує можливість обробки багатьох зовнішніх поверхонь поршня за одну установку.

Застосування підтискання центром, під час установлення поршня за розточеним пояском юбки зумовлюється такими міркуваннями: під час обробки зовнішніх та інших поверхонь поршня, особливо на попередніх операціях, виникають великі сили різання, внаслідок чого установлення тільки за розточеним пояском стає недостатньо надійним через невелику довжину пояска. Щоб уникнути

деформації поршня і забезпечити його надійну установку, застосовують додатковий підтиск центром.

Під час обробки допоміжних базових поверхонь за установчі бази приймають зовнішню поверхню головки поршня і торець днища або внутрішні поверхні юбки днища. Зазначені міркування, а також технічні вимоги на виготовлення поршнів визначають порядок і характер операцій їх механічної обробки.

Першою операцією технологічного процесу обробки поршнів найчастіше є обробка поверхонь допоміжних установчих баз. У деяких випадках перед обробкою цих поверхонь проводять обточування зовнішньої поверхні і підрізання днища поршня, які є установочними базами під час обробки допоміжних баз.

Під час обробки поршня необхідно витримати однакову товщину стінок юбки в діаметрально протилежних місцях поперечного перерізу, а також забезпечити товщини днищ поршнів у заданих межах.

Внутрішня поверхня поршня, за винятком циліндричного пояска юбки, не обробляється. Тому під час обточування зовнішньої поверхні поршня на базі розточеного пояска і торця юбки можна забезпечити зазначену вище вимогу за умови, що поясок юбки буде копцентричним із внутрішньою циліндричною поверхнею поршня та обробленим на діаметрі з допуском, меншим за допустиму різностінність поршня.

Під час виготовлення заготовок поршня допуск на товщину стінок витримується в межах 0,5–1,5 мм у діаметрально протилежних місцях одного поперечного перерізу. Тому, якщо розточувати циліндричний поясок під час установлення поршня на зовнішній необробленій поверхні головки, то поясок не буде концентрований на внутрішній поверхні.

При цьому величина неконцентричності перевищуватиме різностінність заготовки на величину похибки установки поршня під час розточування пояска. Отже, розточування пояска і підрізання торця юбки потрібно здійснювати під час установлення поршня по внутрішній необробленій поверхні.

Різниці обробленого поршня за такого способу обробки не пов'язані з вихідною різницею заготовки, а залежать лише від точності центрувального пристосування і точності обробки.

Якщо постійною базою є розточений поясок юбки та її торець,

то обробку отвору під поршневий палець виконують у третій операції, оскільки цей отвір використовують під час подальшої обробки як базу для кутової орієнтації, а також для закріплення поршня на деяких операціях.

Схема обробки поршня, характерна для масового виробництва (без застосування автоматичних ліній), наступна:

1. Чорнове обточування зовнішньої поверхні поршня і підрізання днища.
2. Розточування базуючого пояска і підрізання торця юбки.
3. Чорнова обробка отвору під поршневий палець.
4. Напівчистове обточування зовнішньої поверхні, підрізання днища й обробка канавок під поршневі кільця (за фасонної форми днища, його обробку проводять в окремій операції).
5. Свердління змашувальних отворів.
6. Фрезерування прорізів.
7. Тонке обточування юбки поршня з утворенням овалу і конуса на її поверхні.
8. Остаточна обробка отвору під поршневий палець і стопорних канавок.

Питання для самоперевірки

1. В чому полягають технологічні особливості виготовлення агрегатів та вузлів автомобілів на сучасному виробництві?
2. Назвіть характерні технологічні особливості корпусних деталей.
3. На які категорії з технологічного погляду можуть бути поділені деталі типу корпусних?
4. Що треба зробити у заготовках корпусних деталей для зменшення внутрішніх напружень?
5. Яких параметрів варто дотримуватися при конструюванні литих корпусних деталей?
6. Яких правил треба дотримуватися під час проставляння розмірів на робочих кресленнях деталей?
7. Розкажіть процес обробки поршня, характерний для масового виробництва (без застосування автоматичних ліній).
8. Назвіть основні технологічні вимоги що до обробки поршнів.
9. Які матеріали застосовуються для виготовлення поршнів?
10. Назвіть технологічні особливості головок блоків циліндрів.

ТЕМА 14. ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ

14.1 Обробка блоків двигунів

Блоки двигунів та їхні головки – це складні корпусні деталі. У лінійних блоків найважливіші поверхні, які підлягають обробці (зазвичай спільно), можна поділити на певні групи (рис. 14.1).

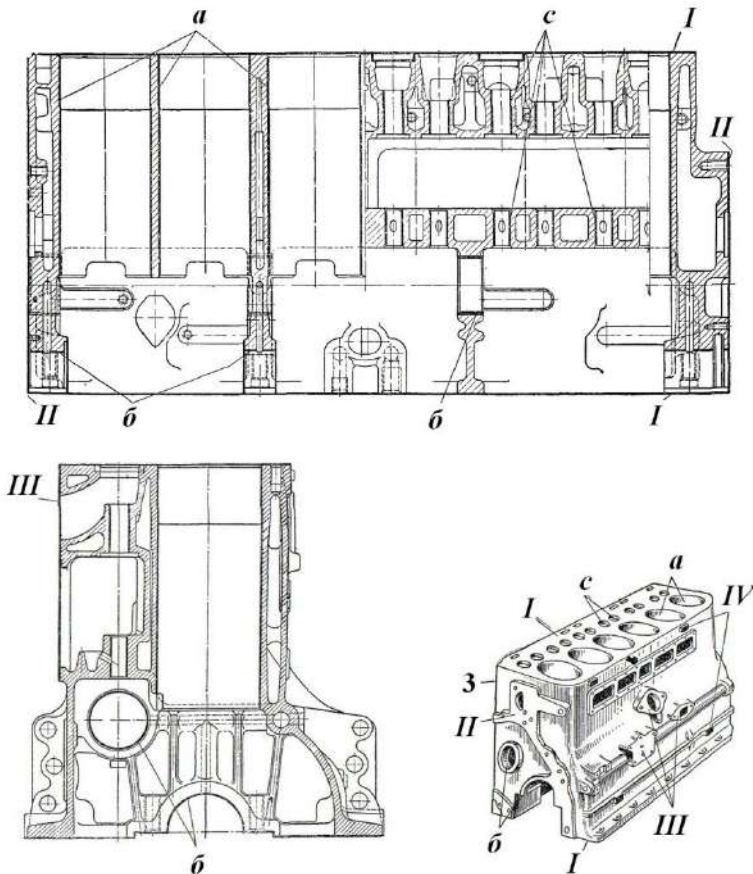


Рисунок 14.1 – Елементи лінійного блоку

Отже групи поверхонь що підлягають обробці наступні:

I – площини стику з головкою і стику з піддоном;

II – торцеві площини;

III – бічні площини;

IV – площини допоміжних баз.

Найважливіші поверхні точно координованих отворів такі: *a* – дзеркала циліндрів; *b* – постілі під вкладиші та отвори підшипників розподільного вала; *v* – отвори під штовхачі, під втулки та сідла клапанів. На рис. 14.1 перелічені поверхні показано жирними лініями, а їхні поверхні позначено тими самими цифрами та літерами, що й у наведеній вище класифікації. Крім зазначених, обробляються й інші поверхні, зокрема, численні отвори під кріпильні деталі. Кількість цих отворів сягає 200.

Як і під час обробки інших корпусних деталей, встановлення блоків зручне під час базування за площиною і двома отворами. Як установчі «постійні» бази приймають площину стику з піддоном і два отвори в ній (допоміжні бази), які спеціально просвердлюють і розгортають для цієї мети.

Внаслідок складної конфігурації заготовки блоку, спочатку проводять обробку площин особливих бобишок на бічній поверхні блоку (IV група). Це викликано прагненням забезпечити рівномірне зняття мінімальних припусків з поверхонь груп *a* і *b*, положення яких у відлитій заготовці може дещо відхилятися від заданого внаслідок зміщення стрижнів щодо ливарної форми.

Поверхні груп I, II і III обробляють на (постійних базах, які важко обробити під час встановлення деталі на чорні поверхні груп *a* і *b* або в малих блоків тільки поверхонь групи *a* (рис. 14.2).

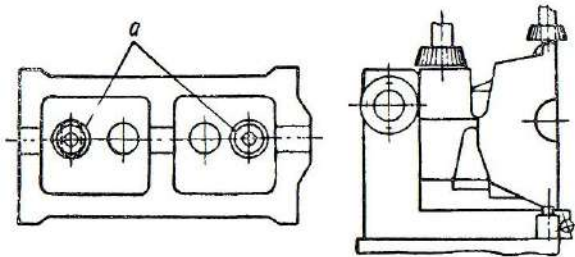


Рисунок 14.2 – Базування блока невеликих розмірів під час обробки допоміжних баз

Тому на базі останніх обробляють допоміжні бази на бобишках (площини IV групи). Для цього блок встановлюють по чорних отворах груп *a* і *б* (рис. 14.3).

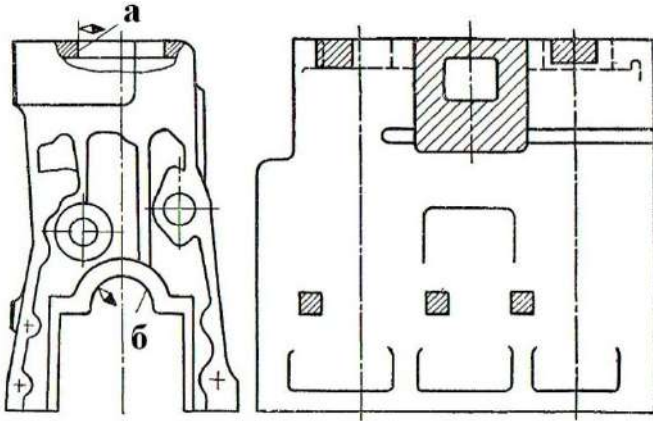


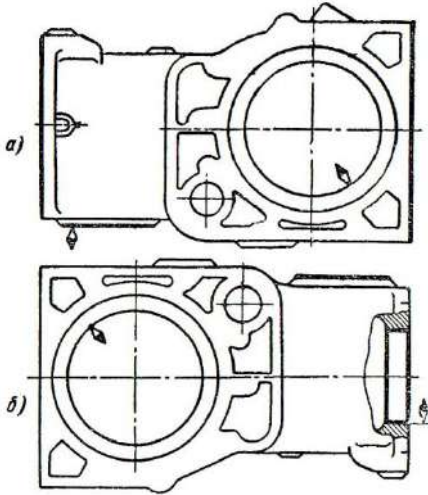
Рисунок 14.3 – Базування великого лінійного блоку під час обробки допоміжних баз

У тунельних лінійних блоків первинну обробку площин IV групи виконують на базі двох чорних отворів циліндрів і чорної поверхні під фланці корінних підшипників кочення. У випадку, показаному на рис. 14.4, функції поверхонь IV групи виконує у блока площина під колектор.

Під час обробки поверхонь IV групи у блоків невеликих розмірів і малої ваги застосовні розтискні оправлення з висувними штирями, що приводяться в дію вручну або пневматично. Великі блоки значної ваги встановлюють з орієнтуванням їх за допомогою конічних уловлювачів, один з яких зрізаний на зразок ромбічного пальця. Цими уловлювачами блок притискають до пружинного установчого елемента, що орієнтує подовжню площину симетрії необроблених пазів, у яких розточують постілі під вкладиші. У такий спосіб забезпечується орієнтування блока з урахуванням зняття рівномірних припусків під час подальшого оброблення дзеркала (або пасків під гільзи), і гнізд під вкладиші корінних підшипників.

Якщо допоміжні площинні бази на спеціальних базових приливах оброблено під час установлення блока на розтискних

оправленнях на обидвох чорних поверхнях (які надалі буде оброблено під гільзи), а фрезерування площин стику з піддоном і з голівкою зроблено на базі площин приливів, то очевидно, що площини стиків будуть перпендикулярними осям чорних поверхонь, які буде розточено під посадку гільз.



а - обробка верхньої та нижньої площин; б - обробка фланця

Рисунок 14.4 – Базування тунельних блоків під час обробки площин

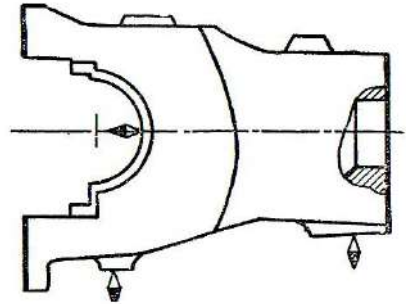


Рисунок 14.5 – Базування лінійного блоку під час обробки площин

Під час розточування в цьому разі зніматимуться рівномірні припуски на обох посадкових пасках під гільзи. Ще більш важливим є забезпечення рівномірного зняття припуску під час розточування негільзованих блоків циліндрів або блоків із сухими гільзами.

Обробку площин I групи проводять (часто одночасно), встановлюючи блок на допоміжні бази (поверхні IV групи) та орієнтуючи його по чорних поверхнях під корінні опори (рис. 14.5). Останнє викликано також прагненням забезпечити зняття мінімальних і рівномірних припусків на поверхнях під корінні опори.

Оброблені поверхні, що слугують базами під час обробки V-подібних блоків двигунів із верхніми клапанами, показано на рис.

14.6. Тут поверхні 6 належать до I групи, поверхні 1 та 7 – до IV групи, поверхня 3 – до групи б. Поверхні 6 і 5 належать до «постійних» баз, які використовуються на більшості операцій.

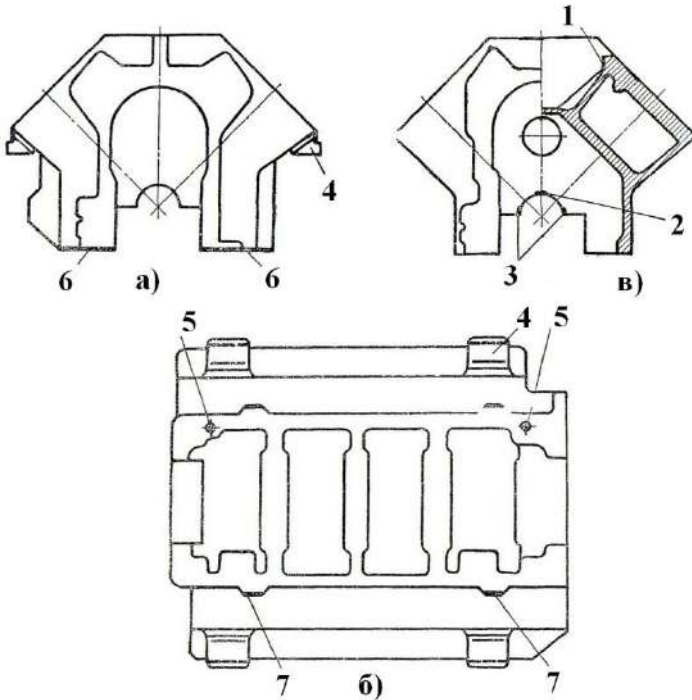


Рисунок 14.6 – Базы під час обробки великого V-подібного блоку

Блок V-подібного автомобільного двигуна, що обробляється на автоматичній лінії, базується на привалочній площині 6 (рис. 14.6, а і б) і двох технологічних отворах 5. Ці поверхні, своєю чергою, обробляються на автоматичній лінії на допоміжних базах, підготовлених до надходження блоку в механічний цех (площинах 4 на технологічних приливах, які є установчими базами для обробки привалочної площини 6 і технологічних отворів 5).

Площини 4 допоміжних баз протягують у ливарному цеху. Крім цих поверхонь, під час обробки привалочної площини 6 і технологічних отворів 5 використовуються як установчі бази поверхні

2 і 3 гнізд корінних підшипників (рис. 14.6, в). Для попереднього орієнтування блоку під час його переміщення автоматичною лінією слугують площини 7 технологічних пластиків (рис. 14.6, б).

Обробку базових поверхонь на багатьох автомобільних заводах проводять у ливарних цехах; при цьому виявляють похибки в геометричних формах заготовок і виявляють брак, який спрямовують у переплавку. Для контролю геометричних форм заготовок у ливарних цехах застосовують контрольні пристосування.

14.1.1 Обробка блоків із застосуванням автоматичних ліній

Обробка блоків – складний і трудомісткий процес, який значною мірою виконують на більшості заводів із застосуванням автоматичних ліній із великим числом позицій.

Порядок виконання обробки лінійного блока наступний:

- 1) фрезерування площин допоміжних баз на бобишках;
- 2) попереднє фрезерування верхньої і нижньої площин, поверхонь замків і опорних площин під кришки корінних підшипників;
- 3) фрезерування остаточно тих самих поверхонь, крім верхньої площини стику з головкою;
- 4) протягування поверхонь замків під кришки підшипників;
- 5) фрезерування верхньої площини напівостаточно;
- 6) свердління і розгортання двох установчих отворів;
- 7) фрезерування торців;
- 8) попереднє розточування дзеркала;
- 9) фрезерування кількох площин кріплення агрегатів;
- 10) свердління і нарізування отворів у торцях;
- 11) розточування гнізд корінних підшипників і попереднє розточування під розподільний вал;
- 12) фрезерування торців гнізд корінних підшипників;
- 13–16) свердління різних отворів і нарізування в них різьби;
- 17) продування та гаряче миття;
- 18) установлення кришок корінних підшипників;
- 19) розточування гнізд корінних підшипників і напівостаточно розточування під розподільний вал;
- 20) розточування канавок сальників;

- 21) розточування отворів під розподільний валик і остаточне розточування під стартер;
- 22) запресовування підшипників розподільного вала;
- 23) тонке розточування гнізд корінних підшипників і підшипників розподільного вала;
- 24) фрезерування прорізів;
- 25) розточування отворів під вал масляного насоса;
- 26) розточування дзеркал остаточне;
- 27) зняття фасок на циліндрах;
- 28) хонінгування дзеркал;
- 29–30) миття;
- 31) запресовування заглушок;
- 32) гідравлічне випробування;
- 33) остаточне фрезерування верхньої площини під головку;
- 34) мийка, сушка;
- 35) контроль.

Так на автомобільному заводі Ford, що випускає 60 лінійних чотирициліндрових блоків на годину (близько 330 тис. на рік), їх обробка проводиться таким чином: до надходження на автоматичну лінію на блоці фрезерують допоміжні бази (два кутових настановних платика збоку), на яких блок орієнтується під час переміщення автоматичною лінією, яка має 29 позицій, де спочатку здійснюється чергове фрезерування верхньої та нижньої привалочних площин і замків корінних підшипників (на вбудованих у лінію багатошпиндельних поздовжньо–фрезерних верстатах).

Далі ці поверхні фрезерують начисто, а поверхні замків корінних підшипників протягують. Після свердління і розгортання двох настановних отворів у нижній площині проводять чорнове фрезерування напівотворів корінних підшипників але напівсферичними кінцевими фрезами.

У 18-й і 19-й позиціях здійснюється чорнове і напівчистове розточування циліндрів, потім проводиться фрезерування торців (після повороту блока на 90°). На наступній, 20-й позиції, свердлять отвори в нижній і верхній площинах. На трьохпозиційній лінії свердляться рушничними свердлами, а потім зенкеруються отвори під штовхачі. Потім блок надходить на автоматичну лінію з 58 позиціями, що складається з трьох ділянок. Тут фрезерують різні площини,

свердлять і нарізають отвори з боків блоку.

Після тонкого розточування циліндри хонінгують, промивають, піддають гідровипробуванню і контролюють на багатовимірній пневматичній установці. При цьому проводиться поділ циліндрів на чотири розмірні групи і відповідне їх маркування.

Після прикручування кришок корінних підшипників на автоматизованому стенді блок надходить на автоматичну лінію з 15 позиціями, де проводять обробку отворів під вкладиші корінних опор і підшипники розподільного вала. Отвори контролюються, потім в них запресовуються підшипники під розподільний вал; підшипники розточуються остаточно одночасно з корінними опорами.

На наступній ділянці лінії обробляються отвори валів і свердляться мастильні отвори. Потім верхню привалочну площину протягують остаточно на тунельному горизонтально–протяжному верстаті. Блок передають на семипозиційну мийну установку, де його промивають особливим складом, що спрямовується завихреними струменями, і продувають стисненим повітрям.

На іншому американському заводі вантажних автомобілів виготовляють 6–циліндрові та 12–циліндрові двигуни. Для здешевлення і спрощення їхнього оброблення, конструктивні елементи обох блоків уніфіковано так, що їх можна обробити на одній верстатній автоматичній лінії, яка переналаштовується за принципом змінного потоку. На лінії є 454 переходи, однакові для обох блоків, 125 виконуються тільки під час оброблення 6–циліндрового блоку і 447 – тільки 12–циліндрового. Обидва блоки V–подібні. Дванадцятициліндровий блок являє собою виливок, подібний до складених разом двох шестициліндрових блоків.

До надходження блоків на лінію проводять попереднє протягування і фрезерування площин і чорнове розточування.

Подальшу обробку проводять на автоматичній лінії, що складається з шести ділянок.

Обробка чотирициліндрового лінійного блоку тракторного дизеля за випуску 40 шт/год проводиться на семи автоматичних лініях. До надходження на лінію у блока фрезерують базові площини на спеціалізованому чотирьох шпindelному горизонтально–фрезерному верстаті. У цій операції блок базується по чорних поверхнях двох отворів під гільзи і по гніздах корінних підшипників.

Перша автоматична лінія складається з п'яти протяжних

верстатів для оброблення основних площин блоків (бічні платики, верхня і нижня площини, площини роз'єму опор, напівциліндричні поверхні і замки корінних опор).

Друга автоматична лінія має дванадцять верстатів з 315 шпинделями і складається з трьох ділянок.

На першій з них здійснюється:

- 1) обробка базових отворів;
- 2) свердління масляних каналів;
- 3) свердління водяних отворів;
- 4) обробка різьбових отворів під маслопомпу.

На другій ділянці здійснюється фрезерування торців, на третій – попереднє оброблення отворів під розподільний вал і палець паразитної шестерні, свердління поздовжнього масляного каналу, оброблення отворів на торцях для кріплення картера маховика, картера зчеплення та водяного насоса.

На лінії дев'ять агрегатних двосторонніх свердлильних верстатів із самодіючими гідравлічними головками, один двосторонній різьбонарізний верстат і два спеціальних двосторонніх 8–шпиндельних фрезерних верстатів із переміщуваними шпиндельними головками.

На першій ділянці один потік, на другій – два, на третій – один.

Переміщення блоку по лінії здійснюється кроковим транспортером: на першій і третій ділянках – самостійним гідроприводом, на другій – приводом від руху фрезерних головок.

Зміна положення оброблюваних блоків здійснюється перед їхнім надходженням на другу ділянку за допомогою поворотного барабана і розкладача, після фрезерного верстата – здвоєним поворотним столом. Об'єднання в один потік після другої ділянки проводиться укладальником.

Передача на наступну автоматичну лінію здійснюється за допомогою поперечного транспортера. На всіх ділянках передбачені накопичувачі, що діють автоматично.

На другу лінію блок на бічній стороні надходить по рольгангу і орієнтується по чорних отворах на першій ділянці, де свердляться базові та інші отвори. На другій ділянці в блоці розгортають два базові отвори, за якими і проводиться орієнтування блоку під час подальшої обробки.

Подача блоків у накопичувач, під час зупинки наступної ділянки, здійснюється транспортером із поворотними штангами. Накопичення блоків відбувається за допомогою гідравлічного штовхача переміщенням блоку блоком. Вироблення доробку проводиться за рахунок переміщення каретки по всій довжині накопичувача.

На третій ділянці обробляються всі отвори на торцях блоку. Верстати обладнані двомісними пристосуваннями з гідравлічними затискачами через клини.

Наприкінці другої лінії блоки подаються на поперечний транспортер по два відразу.

Остання позиція – роздавальна: з неї блок надходить на один із двох потоків наступної третьої автоматичної лінії або в накопичувач, в якому накопичення йде в чотири потоки.

Третя лінія складається з 18 верстатів, розташованих на двох ділянках. На першій з них (сім верстатів) проводять чорнову і напівчистову обробку посадкових поверхонь під гільзи та обробку отворів з верхнього боку блоку.

На другій ділянці (одинадцять верстатів) свердлять отвори під штовхачі, свердлять і зенкерують отвори під різьблення, свердлять масляні канали з боку нижньої площини та кришок блоку.

Переміщення блоків здійснюється по двох потоках.

У кожному з них наприкінці поміщені накопичувачі, які вмикаються автоматично на той чи інший режим роботи і вимикаються вручну після усунення причини зупинки.

Четверта лінія складається з дев'яти верстатів (зі 145 шпінделями), розташованих на двох ділянках. Ця лінія пов'язана з поперечним транспортером.

На першій ділянці лінії (три вертикально–фрезерних верстати) проводиться фрезерування торців корінних опор і виїмок у них, на другій ділянці лінії (шість верстатів) – остаточне опрацювання отворів із нижнього боку, нарізання різьблення в отворах із боку кришки та опрацювання отворів з іншого бокового боку блока.

П'ята автоматична лінія складається з двох вертикально–розточувальних чотиришпіндельних верстатів і агрегату для контролю. На цій лінії проводиться розточування отворів під гільзи і розточування виточок і фасок у цих отворах.

Між п'ятою і шостою автоматичними лініями передбачено

протягування замків корінних опор, промивання, продування, контроль, гідровипробування водяної сорочки (тиск 4 атм протягом 1 хв), гідровипробування масляних каналів, закручування шпильок під кришки корінних опор, встановлення цих кришок.

На шостій автоматичній лінії, що складається з трьох агрегатних розточувальних верстатів, виробляється напівчистове розточування корінних опор, отвори під розподільний вал і отвори під паразитну шестерню.

На лінії блок переміщається на своїй верхній площині. У кожному з тунельних двомісних пристосувань блок піднімається спеціальним підйомним механізмом. Це дає змогу завести кронштейн для направлення інструментів всередину блоку, після чого проводиться подальший підйом на 3 мм і підтиск блоку до кришки пристосування, на якій є фіксатори. Затиск блоку гідравлічний з клинами. Між шостою і сьомою лініями проводиться запресовування втулки і постановка штифта.

На сьомій лінії з вісьмома горизонтально-розточувальними верстатами з 32 шпинделями у восьми робочих позиціях проводять чистове розточування тих самих отворів, підрізання торців на середній корінній опорі, розгортання отворів у торці, обточування бурта й торця втулки для розподільного вала.

Лінія складається з чотирьох потоків, у кожному з яких розміщено два розточувальні верстати і контрольний пристрій. Кожен із потоків може бути зупинений під час роботи інших.

На лінії передбачено 12 транспортерів: чотири поперечних, три, подаючих, три, що видають, підвідний і відвідний. Це забезпечує одночасну роботу в трьох потоках при зупинці четвертого. Можуть працювати одночасно всі чотири потоки.

Наприкінці кожного потоку є контрольний пневмоелектричний пристрій, на якому перевіряються отвори під розподільний вал і отвори під колінчастий вал, розташовані в лінію.

Вимірювання проводиться за допомогою восьми пневматичних калібрів, підвішених на шарнірах. Діаметр кожного з них на 50 мк менший за номінальний діаметр отвору.

На всіх лініях застосовані штангові транспортери з собачками.

Видалення стружки здійснюється відповідними транспортерами.

Перед нарізуванням різьблень у глухих отворах блоки потрапляють на вібраційні витрушувачі стружки.

Потім перевіряється зондами наявність і глибина просвердлених отворів. У разі відсутності або недостатньої глибини отвору лінія зупиняється автоматично.

Запуск ліній проводиться з диспетчерського пульта.

На всіх лініях встановлені інструментальні шафи з лічильниками циклів для забезпечення своєчасної примусової зміни інструментів. Інструменти (три комплекти) поміщені в державках, що дають змогу встановлювати на розмір поза лінією.

На кожному секційному пульта управління є сигнальні лампочки та шукачі ушкоджень з лімбами, поворотом яких можна знайти місце ушкодження, спостерігаючи за вічком шукача.

Після обробки на сьомій автоматичній лінії блок піддається контролю, корінні опори хонінгують, гострі кромки притупляють, потім блок промивається і продувається. Після контролю закручуються шпильки під головку блока.

У блоків шестициліндрових двигунів, що надходять для обробки на автоматичну лінію, оброблена базова площина стику з піддоном, просвердлені установчі отвори і протягнуті гнізда під корінні підшипники. Блок транспортується і обробляється базовою площиною вниз, а на наступній лінії базовою площиною вгору.

Лінія складається з агрегатних верстатів із гідравлічними силовими головками. Оброблення отворів і нарізування різьблень здійснюють із шести боків блоку, що повертається двічі в місцях стиків ділянок автоматичних ліній.

Переміщувані по лінії блоки захоплюються собачками штангового транспортера.

Цикл роботи усіх ділянок ліній наступний:

- 1) подача блоку транспортером у вихідне положення;
- 2) попередній підтиск, введення фіксаторів і остаточне закріплення;
- 3) швидке підведення силових головок;
- 4) обробка;
- 5) відведення силових головок;
- 6) ослаблення затискачів і виведення фіксаторів.

У всій автоматичній лінії 12 агрегатних верстатів з 351 шпинделем. На лінії 12 позицій для обробки, чотири для контролю, три для перевертання, 18 проміжних, одна для завантаження і одна для розвантаження.

головками з різцями, армованими твердими сплавами. Часто ці головки забезпечені хвостовиками для переднього напрямку.

На рис. 14.7 наведено схему розташування різців на двошпindelному верстаті з похилими шпindelями під час розточування посадкових поясків.

Точність остаточно оброблених поясків – 2-й клас за допустимої неперпендикулярності їхньої осі до осі підшипників колінчастого вала до 0,03–0,08 на довжині гільзи циліндра.

Обробку отворів під підшипники колінчастого і розподільного валів роблять після прикручування кришок корінних підшипників. Ці отвори обробляють зазвичай одночасно за великих програм випуску на автоматичних лініях. Обробка полягає в чорновому, напівчистовому і чистовому розточуванні, розточуванні виточок, розгортанні отворів під підшипники розподільного вала та (після запресовування цих підшипників і свердління масляних каналів у них) їхньому остаточному розточуванні та розгортанні разом із корінними опорами. Останні зазвичай піддають хонінгуванню на вертикальних хонінгувальних верстатах. Замість розгортання корінних опор їх часто піддають тонкому розточуванню («в лінію») під хонінгування. Допустима неперпендикулярність до осей циліндрів 0,03–0,08 на довжині циліндра.

У блоках двигунів із нижнім розташуванням клапанів значна кількість операцій пов'язана з обробкою отворів під штовхачі та напрямні клапанів. Обробка цих поверхонь полягає в основному в такому: зенкерування площин і отворів під впускні клапани і під вставні гнізда випускних клапанів, свердління отворів під напрямні втулки клапанів і під штовхачі, зняття фасок в отворах під штовхачі, цекування виточок під пружини клапанів, чорнове і напівчистове розгортання отворів під направляючі втулки клапанів, розгортання гнізд під гнізда випускних клапанів, зняття фасок під штовхачі, остаточне розгортання отворів під штовхачі та направляючі втулки клапанів. Після запресовування напрямних втулок клапанів їх двічі розгортають, потім остаточно розгортають гнізда під сідла випускних клапанів, запресовують ці сідла і шліфують фаски на планетарно–шліфувальному верстаті.

Зазначена вище обробка проводиться на автоматичних верстатних лініях одночасно з обробкою інших дрібних отворів під допоміжні агрегати двигуна і підкріплювальні деталі.



Рисунок 14.8 – Хонінгування дзеркал циліндрів

У V-подібних блоків двигунів здійснюють свердління отворів під штовхачі та їхні штанги, зенкерування і дворазове розгортання (після зняття фасок) отворів під штовхачі. Цю обробку зазвичай виконують також на автоматичних лініях паралельно з обробкою

інших дрібних отворів у блоці, розташованих із різних його боків.

Попереднє розточування негільзованих циліндрів виконують розточувальними головками з різцями, армованими твердими сплавами, знімаючи припуски 2–3 мм на бік. Після чистового розточування зі зняттям припусків 0,5–0,8 мм здійснюють тонке розточування при знятті припуску 0,1–0,25 мм на бік.

Тонке розточування проводиться за 2–м класом точності. При цьому забезпечується перпендикулярність осей дзеркал циліндрів до осі корінних підшипників до 0,03–0,05 мм на довжині циліндра.

Обробка дзеркал циліндрів виконується дворазовим або триразовим хонінгуванням на багатошпindelних вертикальних верстатах. Загальний припуск на хонінгування становить 0,06–0,08 мм на бік. Під час попереднього хонінгування видаляється припуск 0,03–0,04 мм на бік; зернистість брусків при цьому 150–200, під час остаточного – 400–500.

Спосіб закріплення хонів і оброблюваних виробів має велике значення з точки зору досягнення потрібної точності обробки. Зазвичай застосовують установку хонів із застосуванням двох шарнірів. Для створення зусиль притиску абразивних брусків хонів до оброблюваної поверхні застосовують гідравлічні та пневматичні пристрої.

У гідравлічних хонах величина ходу конуса, що розтискає бруски, обмежується упором, який переставляють залежно від величини припуску, що знімається. Масло з гідросистеми верстата надходить через редуктор і кран у задню порожнину циліндра і пересуває поршень до упору його в кільце, переміщенням якого регулюється величина ходу штока і тим самим величина розтискування брусків хона.

Кільце може повертатися вручну безперервно або періодично (останнє здійснюють для компенсації зносу брусків хона). Сходження абразивних брусків після закінчення обробки здійснюється під час відходу штока, коли скоба упреться в кільце. Це відбувається при з'єднанні порожнини гідроциліндра зі зливним трубопроводом, коли поршень переміститься під дією пружини.

При знятті значних припусків (для чавуну понад 0,1 мм) застосовують хони з механізмами, що забезпечують безперервний рух конусів, які розтискають абразивні бруски. Такі пристрої можуть бути з ручними, гідравлічними і пневматичними приводами. При

застосуванні приводів останніх двох видів спочатку бруски швидко розтискаються до контакту з оброблюваною поверхнею, а потім здійснюється їхнє повільне розтискання.

Зазвичай для чорнової обробки застосовують хони з розсуванням брусків двома конусами, спрямованими в один бік. За такої конструкції забезпечується більш правильна форма отвору. Однак при застосуванні подібних хонів втрачається висока точність у положенні утворюючих брусків до осі конусів.

Конусність, бочкоподібність, корсетність можуть бути усунені під час хонінгування, однак вони можуть і виникати під час виконання цього процесу. Конусність може виникати з тих самих причин, що й некруглість отвору, а крім того, від неправильного вибору довжин брусків і довжин ходу.

Для забезпечення обмеженої в межах допусків конусності осьове переміщення хона має бути підібране відповідним чином.

Існують верстати, обробка на яких автоматично припиняється після доведення отвору до потрібних розмірів.

Контроль діаметра при хонінгуванні за часом обробки або за величиною розсування брусків не забезпечує досягнення потрібних результатів. Тому дедалі більшого поширення набувають пристрої активного контролю.

Пневматичні пристрої для активного контролю під час хонінгування бувають двох видів: 1) з витіканням повітря через сопла в проміжок між соплами та стінками оброблюваного отвору, 2) з витіканням повітря між рухомим щупом, що контактує зі стінками отвору, та каліброваним окуляром, проміжок у якому змінюється під час осьового руху контактного щупа.

У пристроях першого виду повітря, що подається через трубку, підводяться в каліброване сопло. У разі зміни зазору між соплом і стінками оброблюваного отвору змінюється тиск у пневматичному пристрої, що реєструє, і дається команда на зміну довжини ходу хона або на припинення процесу обробки.

Реєстрація розміру діаметра оброблюваної поверхні відбувається безперервно, і тому, якщо на певній її ділянці діаметр виявляється меншим за заданий, довжина ходу хона автоматично змінюється для збільшення діаметра оброблюваної поверхні саме в цьому місці.

14.1.3 Обробка головок блоків двигунів

Обробка головок блоків циліндрів, як і самих блоків, полягає у фрезеруванні або протягуванні верхньої та нижньої привалочних площин (нижню частину називають «дзеркалом»), обробленні точних посадкових отворів, у головок блоків із верхніми клапанами – отворів під сідла клапанів, під напрямні втулки клапанів, отворів під кріпильні деталі, деяких каналів для протікання води та ін. У головок блоків деяких дизелів точно обробляють посадкові поверхні під вставки вихрових камер або передкамер. У головок блоків деяких двигунів обробляють і поверхні камер стиснення.

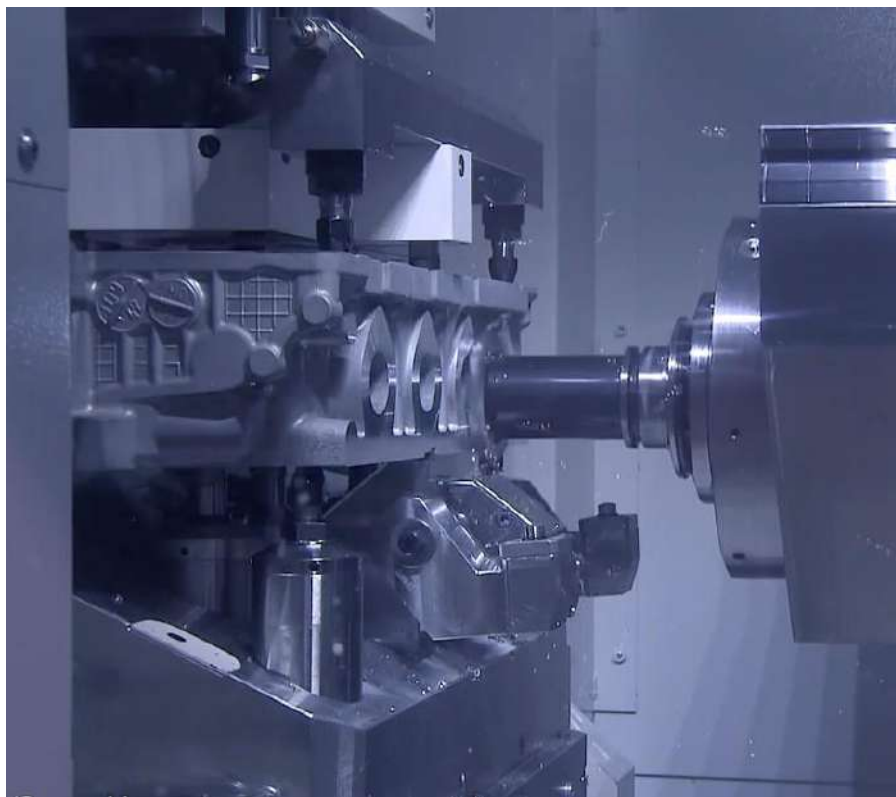


Рисунок 14.9 – Процес фрезерування отворів головки блока на верстаті з ЧПУ

Характерна схема послідовності обробки головок така: спочатку обробляють верхню площину головки, базуючи її на поверхнях камер стиснення, потім – нижню площину (поверхню стику з блоком циліндрів), чим забезпечуються найменші коливання у висоті камер стиснення.

Після обробки цих площин обробляють два установчі отвори і потім на цих базах – інші площини головки. Далі слідує обробка всіх інших отворів головки, гідровипробування і встановлення заглушок.

Зважаючи на значну трудомісткість обробки отворів у головках блоків циліндрів, у тракторній і в автомобільній промисловості ці операції виконують на автоматичних лініях. Обробку площин і підготовку двох настановних отворів часто роблять до надходження деталі на автоматичну лінію.

Нижні і верхні площини головок циліндрів зазвичай фрезерують, рідше протягують. Якщо деталь фрезерують до надходження на автоматичну лінію, то застосовують двошпindelні карусельно-фрезерні верстати з установкою деталей в перекладку. Фрезерування площин на автоматичних лініях виконують на вбудованих у лінії поздовжньо-фрезерних верстатах.

14.2 Технологічні особливості конструкцій колінчастих валів

Колінчасті вали – одна з найвідповідальніших і сильно навантажених деталей двигунів. У роботі вони зазнають пульсуючих змінних навантажень різних знаків і піддаються крученню та вигину. Шийки цих валів зазвичай обертаються в підшипниках ковзання зі значними окружними швидкостями за великих навантажень. Тому колінчасті вали виготовляються з високоякісних металів.

З технологічного погляду велике значення має відносно мала жорсткість вала, яка залежить від його довжини, кількості колін, діаметрів і кількості корінних шийок і товщини шийок.

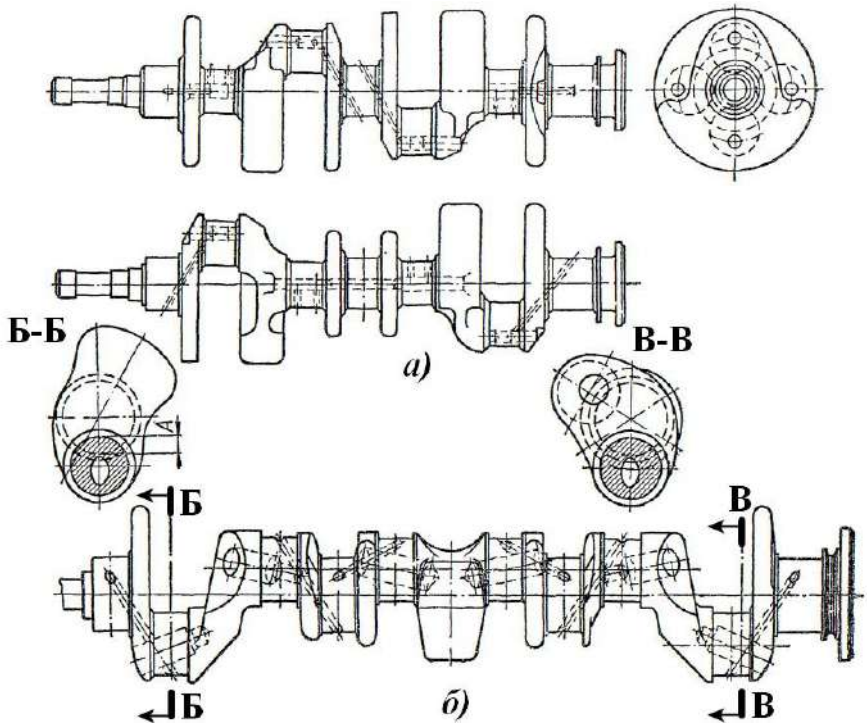
Довжина колінчастого вала залежить в основному від кількості циліндрів двигуна та опор, характеру зчленування шатуна з валом.

Кількість корінних шийок вала відповідає кількості опор. У дизелях, як правило, передбачені опори через кожний циліндр, а в менш навантажених колінчастих валів бензинових двигунів, а також у деяких дизелів з малими розмірами циліндрів ці вали роблять

неповноопорними з прольотом через два циліндри.

У цьому разі вал виходить коротшим із меншим числом корінних шийок. Для збільшення жорсткості таких валів діаметри шийок і товщини щік більші, ніж у повноопорних валів.

За значних діаметрів корінних і шатунних шийок може мати місце перекриття А, що зумовлює більшу жорсткість вала (рис. 14.10, а). Однак у цьому разі необхідне похиле розташування полегшувальних порожнин у шатунних шийках валів.



а - чотириколінчастий; б - шестиколінчастий

Рисунок 14.10 – Автомобільні колінчасті вали

У більшості колінчастих валів передбачають противаги, які відливають або відштамповують заодно з валом (рис. 14.11) або прикріплюють до нього болтами. Щоки, вільні від противаг, виконують овальними, а у валів дизелів іноді круглими.

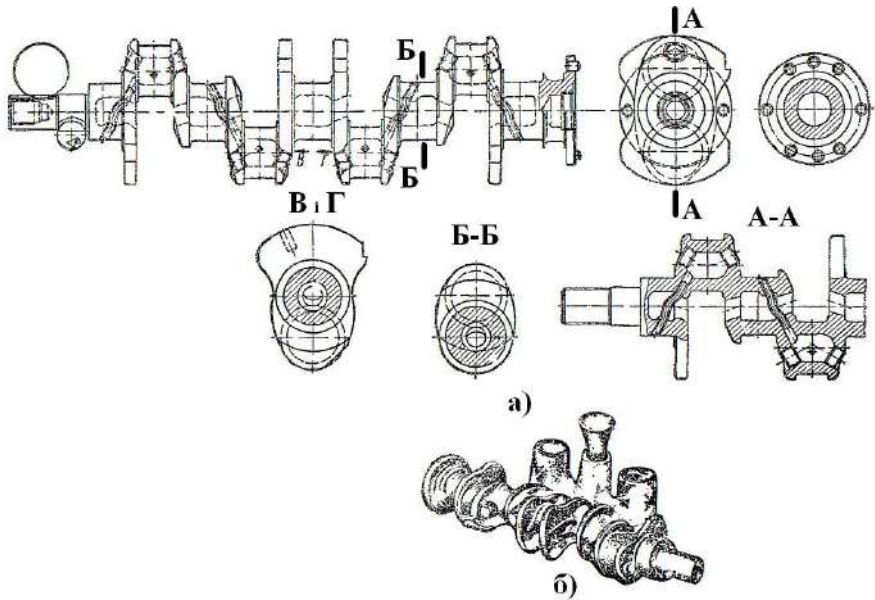


Рисунок 14.11 – Литий автомобільний колінчастий вал і його заготовка

У колінчастих валів передбачають фланець із кількома отворами для прикріплення маховика. У шийках валів часто є порожнини, просвердлювані в кованих валах або отримувані безпосередньо у заготовки – у литих валів.

Найчастіше колінчасті вали автомобілів і тракторів виготовляють цільними зі штампованих або литих заготовок. Однак існують і складені колінчасті вали (з кількох складових частин). В останньому випадку полегшується застосування точного штампування елементів таких валів і можливість використовувати їх для обробки устаткування загального призначення.

У багатьох складових валів може проводитися заміна зношеної або пошкодженої частини. Перевагою двигунів зі складовими валами є також та обставина, що в таких машин можуть застосовуватися підшипники кочення на шатунних шийках, а шатуни можуть виготовлятися з роз'ємними кривошипними головками. Однак економічні переваги складених валів перед цільними не доведені.

Для прикладу, на рис. 14.12, (а), показано складений колінчастий вал двоциліндрового двигуна. Елементи 1, 3, 4 вала з'єднані один з одним шляхом запресовування. Корінні і шатунні шийки забезпечені підшипниками кочення; на середній шийці розташована шестерня 2 приводу масляного насоса.

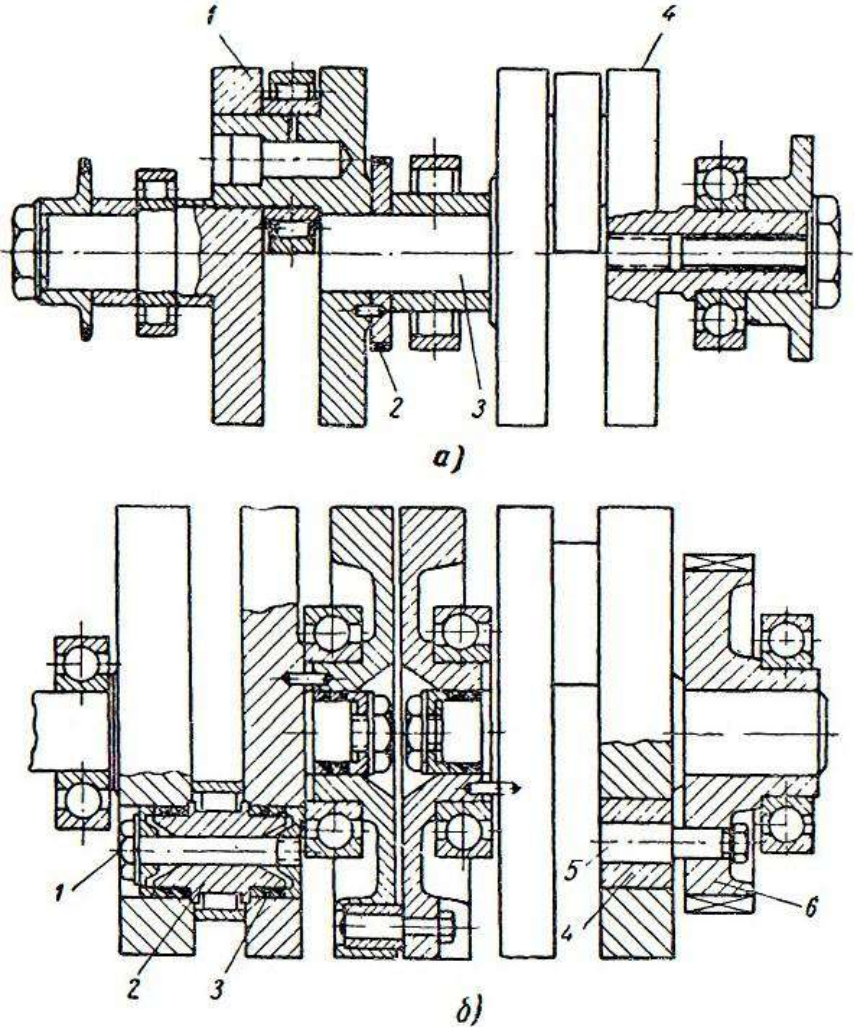


Рисунок 14.12 – Складені колінчасті вали

На рис. 14.12, (б) показано складений колінчастий вал, елементи якого з'єднані між собою стяжними болтами 1 і розпірними розрізними кільцями 3. Шатунні шийки 2 виконані окремо від обох щік. Шестерня 6 приводу розподілу вільно сидить на корінній шийці, а крутний момент передається на неї пальцем 5, розміщеним у гумовій втулці 4, що розміщена в щоді вала.

Цілісні ковані колінчасті вали двигунів виготовляють із вуглецевих, хромомарганцовистих, хромонікелевих, хромонікель-молібденових сталей. Для колінчастих валів бензинових двигунів поширені сталі 45, 45А, 45Г2, 50Г, для важко навантажених кованих колінчастих валів дизелів – сталі типу 18ХНМА, 18ХНВА, 40ХНМА.

Литі колінчасті вали виготовляють зі спеціальних високоміцних чавунів з глобулярним графітом, з ковких перлітних чавунів і з легованих сталей. Приклад литого колінчастого вала показано на рис. 14.11. У більшості випадків поверхні шийок колінчастих валів, що обертаються в підшипниках ковзання, піддають підвищенню поверхневої твердості на глибину 3–4 мм до твердості НРС 52–62 загартуванням із застосуванням нагріву струмами високої частоти.

Гартуванням підвищують зносостійкість шийок і створюють поверхневу залишкову напругу стиснення для збільшення втомної міцності. Для створення стискаючих напружень іноді виробляють поверхневе зміцнення галтелей шийок колінчастих валів шляхом обкатки роликками.

Найточніше і найретельніше мають бути оброблені корінні та шатунні шийки. Останні мають бути точно орієнтовані в кутовому відношенні. Похибки в геометричній формі і положенні шийок валів призводять до погіршення умов роботи підшипників, а похибки у величинах радіусів кривошипів і кутів їхнього розвалу призводять до нерівномірності ступеня стиснення в різних циліндрах і до зсуву фаз розподілу. Колінчасті вали піддають статико–динамічному балансуванню.

14.2.1 Виготовлення заготовок колінчастих валів

Колінчасті вали штампують із квадратних або круглих прутків, розрізаних попередньо в нагрітому стані. При цьому іноді застосовують автомати з лічильними пристроями для автоматичного визначення довжини заготовки, що відрізається, зважаючи на

фактичні розміри перерізу прутка і для регулювання відповідного положення упору на ножицях для різання прутка. Під час підготовки заготовки під штампування на кувальних вальцях забезпечується більш висока точність її остаточного формоутворення в штампі на пресі. Після штампування проводять обрізку облоя на відрізному пресі і потім гаряче правлення в штампі під молотом. Висадку фланців здійснюють на горизонтально-кувальних машинах.



Рисунок 14.13 – Гаряче правлення заготовки колінвалу

Припуски на механічну обробку колінчастих валів, штампованих на пресах і молотах, становлять 3–4 мм на бік, штампувальні ухили 7–10°, радіуси заокруглень 2–3 мм. Штамповані заготовки колінчастих валів автомобільних і тракторних двигунів виготовляють за 8–9-м класом точності. Допустима кривизна поковок у площині роз'єму штампів не більше 1,5 мм. Зміщення від зсуву штампів допускається до 2 мм.

На рис. 14.14 в якості прикладу наведено штамповану заготовку колінчастого вала. Для міцності вала важливе значення має орієнтування кристалітів металу (розташування «волокон») відповідно до контуру вала, тому що за цієї умови волокна будуть найменшою мірою перерізані під час механічної обробки. Тому до остаточного формоутворення заготовки в штампі, прутки згинають в особливому

потічку. Після термічної обробки (нормалізації) заготовку очищають від окалини на дробометній машині, або травленням, і далі правлять на пресі.

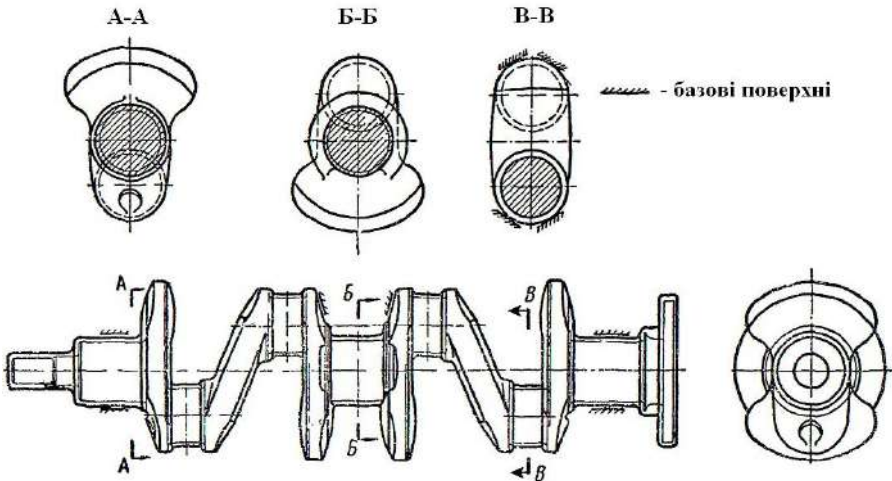


Рисунок 14.14 – Штампована заготовка колінчастого вала

Контроль розмірів поковок деталей перед механічною обробкою дає змогу гарантувати правильність установлення заготовок у пристосуваннях на верстатах, а також забезпечити певні межі коливання припусків, що особливо важливо в масовому виробництві під час обробки таких складних за конфігурацією деталей, як колінчасті вали.

Для контролю кування чотириколінчастого вала використовують спеціальне пристосування, в якому перевіряють биття середньої корінної шийки і хвостовика і, крім того, положення і розміри шатунних шийок. При цьому вал встановлюється по крайніх корінних шийках на роликові опори. Під четверту шатунну шийку підводять вимірювальну призму. Першу шатунну шийку контролюють висувною міральною головкою, середні шатунні шийки – відкидними головками. Контроль биття середньої корінної шийки здійснюють за допомогою секторного індикатора, обертаючи вал.

Технологічний процес відливання колінчастих валів автомобілів може здійснюватися в оболонковій формі, які виготовляють за

чавунними моделями на механізованих установках із суміші 92 % піску і 8 % пильвербакеліту, зволоженої гасом. Виготовлені форми правлять під вантажем в охолоджувальних правочних пристосуваннях; потім їх скріплюють скобами і передають на зборку, де у форми укладають стрижні. Готові форми, скріплені скобами, поміщають у затискні пристосування, встановлені на заливочному конвесрі.

Після видалення ливникової системи, обрубки заливок і задирок по контуру заготовки та зачищення на наждачному крузі місць підведення живильників металу, вали піддають контролю та термічній обробці (нормалізації), мета якої – підвищити зносостійкість вала і поліпшити його оброблюваність.

Після термічної обробки проводять правку в штампі під пресом. Вали правлять у гарячому стані без підігріву (з використанням залишкового тепла). Далі проводять очищення в дробоструминній прохідній камері та контроль твердості.

14.2.2 Механічна обробка колінчастих валів

Механічна обробка колінчастих валів – трудомісткий процес не тільки внаслідок значної кількості точнооброблюваних поверхонь, а й через малу жорсткість цих деталей, що мають тенденцію згинатися і скручуватися під дією сил різання.

За значних програм випуску для обробки шийок колінчастих валів застосовують особливо жорсткі верстати певного призначення, влаштовані так, що затискачі деталі розташовані досить близько до місць дії сил різання для зменшення вигину та скручування вала під час обробки.

Жорсткість колінчастих валів різна в різних напрямках: менша в площині кривошипа, ніж у площині, перпендикулярній до першої. Деформація вала в першому випадку відбувається за рахунок вигину шік вала. Через порівняно малу жорсткість колінчастих валів важко забезпечити високу точність цих деталей під час механічного оброблення, якщо не передбачено певне чергування попереднього та остаточного оброблення окремих поверхонь деталей і правильне їхнє закріплення в пристосуваннях.

Деформації колінчастих валів у процесі обробки під дією сил різання спричиняють биття корінних шийок і появу похибок у

величині радіусів кривошипів і в кутовому розташуванні колін. Для зменшення цих похибок застосовують холодне правлення валів у процесі механічного оброблення.

Через малу жорсткість колінчастих валів центрові отвори на кінцях вала використовують лише під час обточування і шліфування кінців вала і крайніх корінних шийок. Застосування центрального приводу під час обточування корінних шийок колінчастих валів забезпечує зменшення згинального і скручувального моментів порівняно з одностороннім приводом.

Під час обробки шатунних шийок недостатньо орієнтувати вал по корінних шийках для забезпечення потрібного радіусу кривошипів: необхідна також його кутова координація, яку зазвичай здійснюють за допомогою допоміжних баз у вигляді площадок 1–4 на щоках (рис. 14.15).

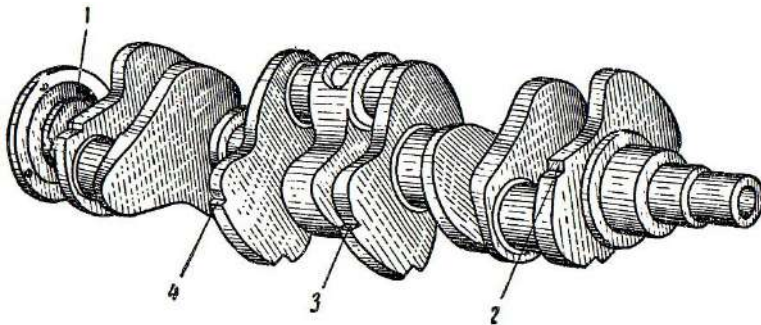


Рисунок 14.15 – Допоміжні бази – площадки на щоках колінвала

Ці площадки (іноді розташовані на особливих бобишках) піддають механічній обробці. На деяких операціях для кутової координації вала використовують отвори у фланці. Зазвичай спочатку обробляють корінні шийки, а потім, базуючи вал на них, обробляють шатунні шийки.

Технологічний процес обробки цільних колінчастих валів складається з таких основних стадій:

1. фрезерування торців і центрування;
2. обробка допоміжних баз (площадок на щоках) для кутової координації під час обробки шатунних шийок;

3. обточування корінних шийок і кінців вала;
4. шліфування корінних шийок попередне;
5. обточування шатунних шийок попередне;
6. обточування шатунних шийок остаточно;
7. обробка порожнин у шийках, маслопровідних каналів у щоках, маслопровідних отворів у шийках та інших дрібних отворів;
8. загартування шийок (у кованих валів, що монтуються в підшипниках ковзання);
9. шліфування остаточно фланця і корінних шийок;
10. шліфування шатунних шийок остаточно;
11. оброблення отворів у кінцях вала, у фланці, фрезерування шпонкових каналів;
12. балансування;
13. оброблення шийок;
14. промивання, контроль.

Колінчасті вали піддають холодному виправленню (після центрування і після всіх операцій, при виконанні яких відбувається деформація вала). Багатоколінчасті вали правлять також і до механічної обробки, встановлюючи їх у призми.

Правка валів небажана, оскільки під час неї виникають внутрішні напруження в деталі, внаслідок чого зменшується її опірність деформаціям під час обробки. Однак у разі зменшення числа правок виникає необхідність у збільшенні припусків на обробку, що спричиняє збільшення трудомісткості обробки. Фрезерування торців і центрування колінчастих валів можна виконувати окремо (у двох операціях) або, більш продуктивно, одночасно на фрезерно-центровочних напівавтоматах.

За великих програм випуску застосовують також багатошпиндельні верстати, на яких, окрім фрезерування торців і центрування, проводять одночасно фрезерування настановних площадок на щоках для кутової координації валів під час подальшого оброблення (рис. 14.16–14.17).

Застосовують чотирипозиційні верстати, у першій позиції яких вал встановлюють у пристосування, базуючи його за крайніми корінними шийками і торцем щоки першого коліна. Кутове орієнтування здійснюється по поверхні першої шатунної шийки.



Рисунок 14.16 – Процес завантаження двох заготовок колінвалів на верстат з ЧПУ для подальшої одночасної обробки

Крайні корінні шийки затискають призматичними губками, що сходяться, що необхідно для правильного розташування центрального отвору, утвореного в третій позиції. У другій позиції фрезерують торці вала, а в четвертій кількома фрезами фрезерують установчі площадки на щоках (допоміжні бази).

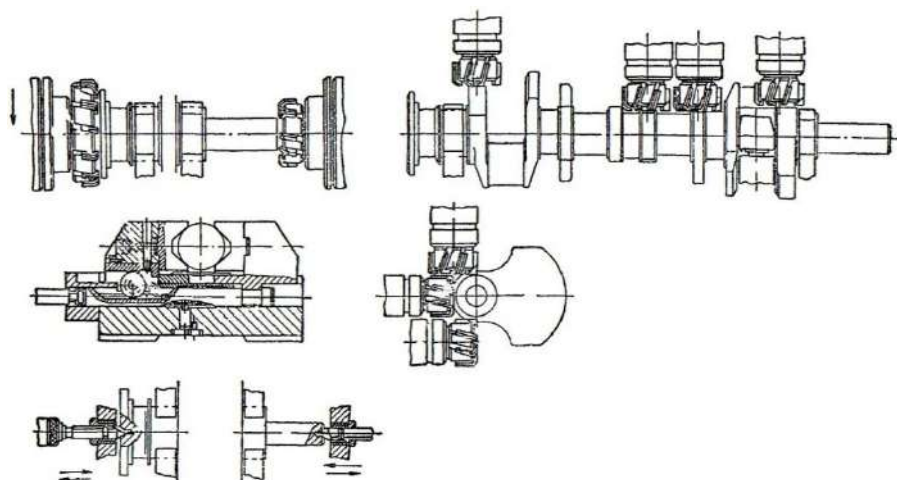


Рисунок 14.17 – Обробка настановних площадок на штоках і центрування колінчастих валів на фрезерно-центрувальному напівавтоматі

На деяких заводах центрування валів здійснюють на початку механічної обробки на комбінованих балансувально–центрувальних верстатах. У цих випадках центрові отвори утворюються не на геометричній осі корінних шийок у заготовки (як це здійснюють на звичайних центрувальних верстатах), а на осі інерції заготовки. При цьому балансуванням наприкінці обробки вала усувають статико-динамічну неврівноваженість, що виникла внаслідок появи похибок у результаті механічної обробки.

У цьому разі заготовку колінчастого вала поміщають у збалансовану люльку, що може повертатися в горизонтальній площині. Колінчастий вал змінює автоматично своє кутове положення в люльці, що обертається, так, що за певного числа обертів люльки його вісь опиняється в певному кутовому положенні по відношенню до осі обертання люльки, яку потім стопорять. Вісь інерції колінчастого вала виявляється суміщеною з осями центрувальних свердел, розміщених у відповідних шпинделях верстата.

Для обточування корінних шийок багатоколінчастих валів застосовують зазвичай верстати певного призначення. Для обточування середньої корінної шийки і площин прилеглих щік або двох корінних чи двох шатунних шийок і площин прилеглих щік можливе застосування автоматичних верстатів із завантажувальними пристроями. Оброблення площин щік і галтелей здійснюють із заднього супорта, а циліндричних поверхонь шийок – із переднього широкими різцями (рис. 14.18). Оброблювані вали на таких верстатах затискають у гідравлічних пристосуваннях. На верстатах є пристрої, що забезпечують припинення обертання шпинделя в той момент, коли пристосування займає кутове положення, зручне для зняття обробленого вала і встановлення нового. Під час різання число обертів шпинделя збільшується в міру наближення різців до осі обертання.

Подача зменшується у зв'язку зі збільшенням глибини різання через наявність штампувальних ухилів. Наприкінці ходу супорти витримують на жорсткому упорі протягом 3–5 обертів для зачищення шийок. Особливі верстати призначаються для оброблення всіх корінних шийок, фланця і ступінчастого хвостовика. Токарні багаторіздцеві напівавтомати з центральним приводом для одночасного обточування всіх корінних шийок, фланців і шийок ступінчастих кінців багатоколінчастих валів під шліфування, розраховані на випуск 40–50 валів на годину, мають такі особливості.

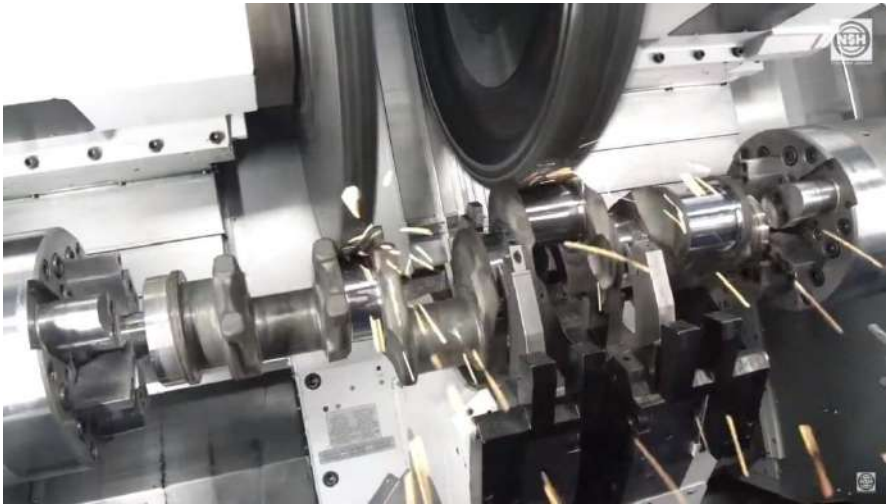
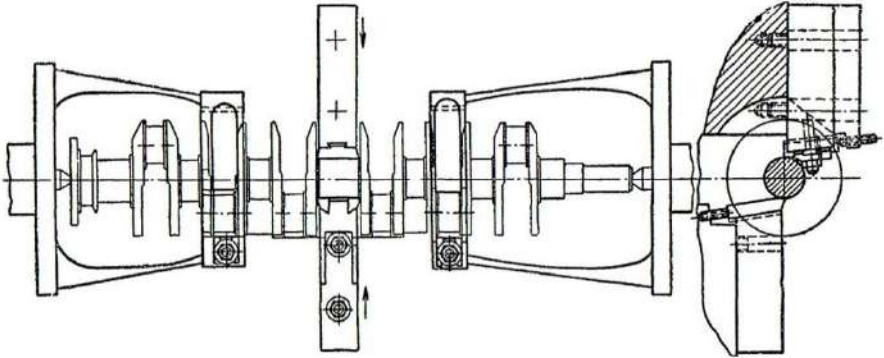


Рисунок 14.18 – Схема обточування середньої корінної шийки колінчастого вала

Вал встановлюється в центрах і приводиться в обертання в супорті. Робочий цикл супортів верстатів наступний: швидке підведення, прискорене, сповільнене і повільне подавання, прискорене відведення. На цих верстатах є пристрої для збереження постійної швидкості різання шляхом автоматичної зміни числа обертів приводу під час наближення різців до осі обертання вала. Видалення стружки механізоване і проводиться в процесі обробки деталі. Верстат може бути вбудований в автоматичну лінію.

Під час обточування шатунні шийки мають бути орієнтовані по

відношенню до корінних. Тому базою під час обточування перших слугує поверхня корінних шийок. Крім того, колінчастий вал має бути орієнтований у кутовому відношенні, що здійснюється упором спеціально оброблених платиків на щоках у відповідний елемент установочного пристосування. Обточування шатунних шийок може проводитися попарно при обертанні вала навколо загальної осі двох шийок. Більш продуктивним є обточування всіх шатунних шийок одночасно на двопозиційних верстатах (рис. 14.19).



Рисунок 14.19 – Одночасне обточування шийок колінвала

В обох випадках це верстати певного призначення з двостороннім приводом вала в обертання. У першому випадку вісь корінних шийок має бути зміщена з осі обертання на величину радіусу кривошипа, оскільки вал має обертатися навколо осі пари шатунних шийок. У другому випадку вал обертається навколо осі корінних шийок. Під час одночасного обточування шатунних шийок рух різців для підрізання щік і обточування шийок керується копірними валами,

що обертаються синхронно з колінчастими валами, які обробляються. Подача різцевого блоку до центру кожної шатунної шийки здійснюється безступінчастим гідравлічним пристроєм.

На таких верстатах можливі такі варіанти обробки по два вали одночасно (рис. 14.16):

- підрізання торців щік і обточування шийок у кожній позиції верстата;
- підрізання торців щік в одній позиції, а обточування шийок в іншій;
- підрізання торців щік в обох позиціях на одному верстаті, а обточування шийок в обох позиціях на іншому.

На токарних двопозиційних автоматах для одночасного обточування всіх шатунних шийок багатоколінчастих валів останні встановлюють на циліндричні опори по двох крайніх корінних шийках, підтримують люнетом по середніх шийках, їх затискають від гідроприводу. Установлення, транспортування і зняття валів здійснюється двома гідравлічними автооператорами.

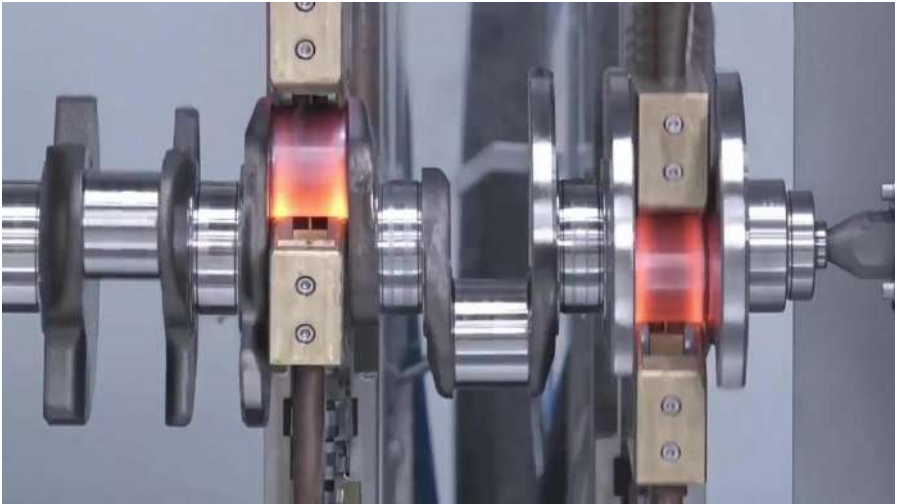


Рисунок 14.20 – Загартування шийок колінвалу

У зв'язку з поліпшенням оброблюваності колінчастих валів, що відливаються з чавуну і сталевого литва, а також у зв'язку з підвищенням точності заготовок валів і зменшенням припусків на

їхню обробку розширилася можливість застосування твердосплавних різців під час обточування шийок. Застосування твердих сплавів на описаних вище верстатах ускладнене внаслідок значних сил інерції, що виникають у супортів при швидкому обертанні оброблюваних валів. Ця обставина є однією з причин того, що на деяких іноземних заводах застосовують замість двопозиційних верстатів для оброблення одночасно всіх шатунних шийок, автоматичні лінії з чотирьох окремих верстатів, на кожному з яких обробляється по одній шийці.

Колінчасті вали з обточеними корінними шийками переміщуються з конвеєра–магазину в робочу зону верстата підвісним автооператором. На кожному з цих верстатів із двостороннім приводом із заднього супорта твердосплавними круглими різцями підрізають торці шік і проточують середню частину шийки трикутним різцем. Круглі різці трохи нахилені, щоб передній кут був негативним.

У двох різців для обробки крайніх ділянок циліндричної шийки передні кути дорівнюють нулю. На одному з іноземних заводів застосовується автоматична лінія з двох верстатів. На першому (з центральним приводом) одночасно обточують п'ять корінних шийок, ступінчастий хвостовик, фланець, шийку під маслогонну різьбу литого вала. Потім вал контролюється на автоматі і надходить на інший двопозиційний верстат для обточування всіх шатунних шийок.

Обточування корінних шийок і кінців одно– і двоколінчастих валів проводять не на верстатах певного призначення, а на звичайних копіювальних багаторізьцевих автоматах. Жорсткість таких валів значна, і немає потреби в центральних або в двосторонніх приводах, наявних зазвичай на верстатах певного призначення. Обточування шатунних шийок у двоколінчастих валів роблять на верстатах певного призначення, подібних до описаних вище.

На деяких зарубіжних автомобільних і тракторних заводах застосовують фрезерування шийок і прилеглих до них шік колінчастих валів. Існують фрезерні верстати–напівавтомати різних видів для чорнового оброблення шийок і чистового оброблення шік різних колінчастих валів з радіусом кривошипів від 60 до 280 мм.

Керування напівавтоматичним циклом роботи верстата здійснюється регульованими упорами і кулачками та електричними кінцевими вимикачами.

Для обробки шатунних шийок і площин прилеглих шік на цих верстатах застосовують фрези великих діаметрів (450–1100 мм) зі

вставними твердосплавними ножами – призматичними та круглими (рис. 14.21), ці ножі розташовуються у фрезах тангенціально.

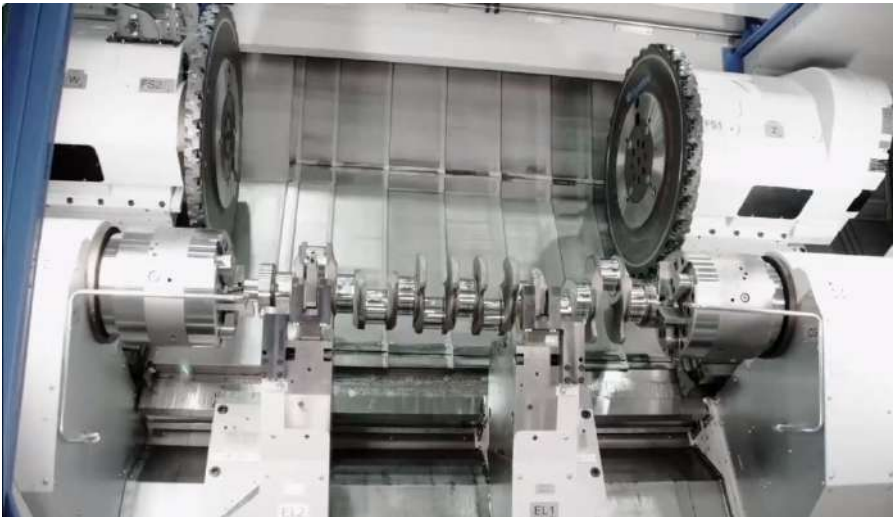


Рисунок 14.21 – Фрези великих діаметрів

При фрезеруванні шийок швидкість різання не залежить від конфігурації і ступеня врівноваженості оброблюваної деталі. Під час точіння, швидкість обертання вала обмежується наявністю неврівноважених мас.

Верстати для фрезерування шийок колінчастих валів відносно прості навіть у разі одночасного оброблення двох шатунних шийок під час обертання колінчастого вала навколо їхньої осі. Копірний вал в цьому випадку повідомляє фрезерним головкам лише зворотно–поступальний рух. Тому такі верстати не тільки дешевші, а й жорсткіші за відповідні токарні верстати.

Істотним недоліком такого способу є висока вартість інструменту, дорожнеча його експлуатації, тривалість заточування.

При фрезеруванні внаслідок переривчастості контакту леза інструменту з оброблюваною поверхнею важко забезпечити високу чистоту обробки з досить високою продуктивністю. При значній же шорсткості поверхні після фрезерування виникає необхідність залишення великих припусків на шліфування. Допустима конусність і овальність 5–12 мк, непаралельність осей корінних і шатунних шийок

10–15 мк на довжині шийки. Неспіввісність корінних шийок 20–30 мк на всій довжині вала. Жорсткі вимоги до точності шийок вала та їх взаємного положення забезпечуються шліфуванням цих поверхонь і правкою вала. Необхідна чистота обробки поверхонь шийок (допустима шорсткість) забезпечується обробленням шийок після їх шліфування шліфувальними автоматами певного призначення (рис. 14.22), обробка на яких проводиться одним або декількома колами одночасно.

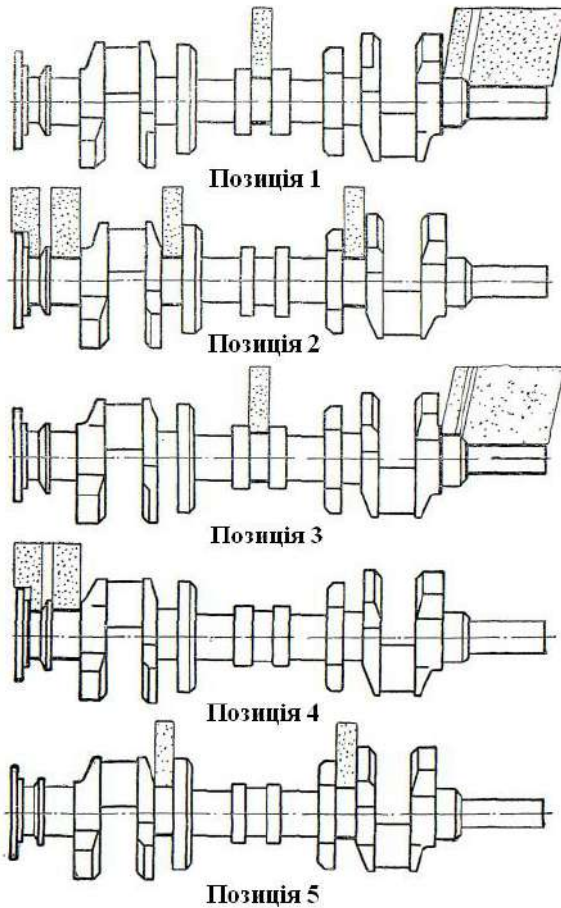


Рисунок 14.22 – Стадії шліфування корінних шийок колінчастого вала на автоматичній лінії

Корінні шийки шліфують при установці валів у центрах із застосуванням люнетів, шатунні шийки колінчастих валів шліфують одним кругом по черзі. Принципова схема автомата для шліфування корінних шийок колінчастих валів показана на рис. 14.23.

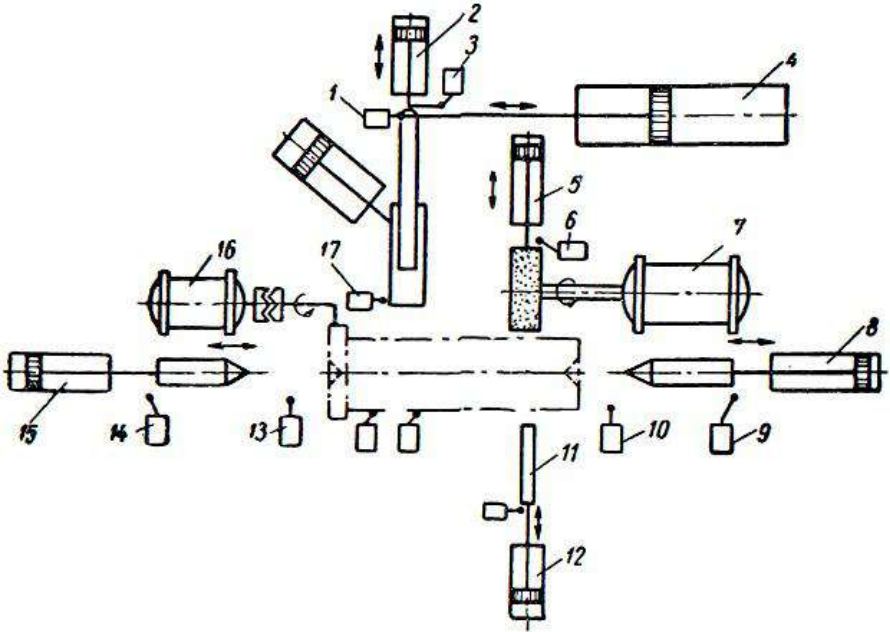


Рисунок 14.23 – Принципова схема дії автомата для шліфування корінних шийок колінчастих валів

Він працює так: автооператор, прийнявши з попереднього верстата колінчастий вал, передає його на автомат, що розглядається, що виконується під час натискання на кінцевий вимикач 1. Після опускання захвата до кінцевого вимикача 27, гідроциліндр 2 здійснює підйом захвата до натискання на кінцевий вимикач 3, причому від гідроциліндра 4 захват повертається у вихідне положення. При натиску на вимикач 17 сходяться центри верстата, при натиску центрів на вимикачі 10 і 13 починається обертання оброблюваної деталі від електродвигуна 16.

Після досягнення заданого розміру шийки шліфуванням пристрій активного контролю 11 з гідроциліндром 12 дає команду на

відхід шліфувального круга і повернення всіх органів верстата у вихідне положення. Для переміщення центрів слугують гідроциліндри 8 і 15 і кінцеві вимикачі 9, 10, 13, 14, а для переміщення бабки шліфувального круга – гідроциліндр 5 з кінцевим вимикачем 6. Шпindel шліфувального круга приводиться в обертання електродвигуном 7. Такий верстат зазвичай оснащений пристроєм для забезпечення зняття рівномірних припусків з галтелей шийок і отримання потрібної відстані між ними.

Для активного контролю застосовують електроконтактні пристрої, які ґрунтуються на передачі електричних імпульсів (команд) на механізм управління роботою верстата. Такими командами на автоматичному круглошліфувальному верстаті є вимкнення подачі та швидке відведення шліфувального круга після досягнення заданого розміру. Електроконтактний пристрій складається з таких основних вузлів: електричного датчика з голівкою в корпусі, триконтактної скоби, пружинного амортизатора і механізму підйому. Наконечники змінної скоби є упорними, рухомий наконечник сприймає відхилення шліфованої шийки і передає їх на датчик.

З метою унеможливити вплив вібрації верстата на роботу електроконтактного датчика, з'єднання державки з механізмом підйому роблять шарнірним, щоб державка зі скобою переміщалася разом з обертовими шатунними шийками вала під час його шліфування. У цьому випадку виключаються похибки вимірювання від прогину шліфованого вала.

Щойно шліфована шийка буде прошліфована до заданого розміру, контакти датчика замкнуться і на механізм управління верстата буде подано команду. За нею спочатку припиняється поперечна подача шліфувальної бабки, потім виводиться і піднімається вимірювальний пристрій, і після цього відводиться шліфувальна голівка (оскільки потрібен певний час для вибігу шліфованої поверхні). Щойно триконтактна скоба вийде із зіткнення зі шліфувальною шийкою, вимірювальний пристрій підніметься, що дасть змогу розвантажити і завантажити станок.

З огляду на жорсткі вимоги, що пред'являються до чистоти обробки поверхонь шийок валів, їх обробка має важливе значення. Цю обробку проводять суперфінішуванням або хонінгуванням з подальшим поліруванням тонким абразивним полотняним або паперовим полотном.



Рисунок 14.24 – Промивання колінвалу

Недолік суперфінішування, під час якого застосовують жорсткі бруски з прямолінійними утворювальними їхніх робочих поверхнь, полягає в тому, що для забезпечення рівномірної чистоти обробки всієї поверхні шийки суперфінішуванням, необхідно попередньо забезпечити її дуже точну геометричну форму шляхом шліфування. Хонінгуванням же можна дещо виправити похибки форми, одержувані після шліфування, оскільки під час хонінгування знімання металу інтенсивніше, ніж під час суперфінішування.

14.2.3 Балансування колінчастих валів

При швидкому обертанні колінчастих валів можуть виникати вібрації, якщо при виготовленні ці деталі не будуть відбалансовані. За значних програм випуску нині для статико–динамічного балансування колінчастих валів широко застосовують автоматичні верстати.

Автоматичні балансувальні верстати повинні забезпечувати отримання даних для зняття потрібної кількості металу у всіх площинах корекції. Рішення цієї задачі має видаватися верстатом автоматично одночасно для всіх площин, щоб балансування проводилося з одної установки вала на балансувальному верстаті.



Рисунок 14.25 – Верстат для статико-динамічного балансування колінчастих валів

Верстат для статико-динамічного балансування складається з таких основних елементів: приводу деталі в обертання, опор для балансованого вала, розміщених на вільно підвішену люльку, датчика,

що повідомляє електричному струмові частоту, яка відповідає числу обертів балансованого вала, за амплітуди і фази, пропорційних вектору неврівноваженості станини.

Крім того, є вимірювальний електронний пристрій для визначення векторів неврівноваженості за результатами роботи датчиків. Цей пристрій складається з вирішальної системи для переходу від векторів у площинах вимірювання до векторів у площинах корекції, підсилювачів, індикатора амплітуд, керівної довжиною ходу свердлувального шпинделя для видалення металу у відповідних місцях щік балансованого вала та індикатора кутів (для відповідного кутового орієнтування балансованого вала).

Видалення металу в деталі, що балансується, здійснюється прямо на верстаті, оскільки верстат обладнаний свердлильним комплексом для усунення дисбалансу, робота якого керується зазначеними вище індикаторами.

14.2.4 Контроль колінчастих валів

Контроль колінчастих валів без застосування автоматичних пристроїв – складний і трудомісткий процес, зважаючи на значну кількість точнооброблених поверхонь із жорсткими допусками на їхні розміри, форму та координацію.

Крім розмірів і форми оброблених елементів валів, контролюють взаємне положення шийок у різних площинах і положення інших оброблених поверхонь. Загальна кількість контрольованих параметрів досягає 80–100. Тому контроль якості вала повинен виконуватися із застосуванням автоматичних пристроїв.

Під час контролю колінчастих валів застосовують різноманітні індикаторні, пневматичні, пневмоелектричні та електронні пристрої для одночасного контролю 8–12 діаметрів і 6–10 довжин.

14.3 Виготовлення шатунів

14.3.1 Технологічні особливості конструкцій шатунів

Шатуни – важко навантажені деталі двигунів, що зазнають напруження стиснення та поздовжнього вигину. Тому шатуни виготовляють із високоякісних сталей (типу 45 і 40, 45Г2, 45Х тощо).

Стрижні та периферичні поверхні головок автомобільних і тракторних шатунів не піддають механічній обробці. Обробляють площини торців обох головок, площини стику шатуна з кришкою, отвори під втулку поршневого пальця, під вкладиші і під стяжні болти.

Крім того, обробляють змащувальні отвори, а також поверхні, які слугують допоміжними базами для установлення шатуна в пристосуваннях під час обробки.

У малу (поршкову) головку шатуна запресовують бронзову втулку, яку потім точно розточують. Велику (кривошипну) головку шатуна обробляють остаточно після з'єднання її з кришкою, яка не взаємозамінна в жодного із сучасних двигунів через високу вартість забезпечення цієї взаємозамінності.

Найчастіше поверхня роз'єму великої головки шатуна перпендикулярна осі його стрижня, але за сильно розвинених за діаметром шатунних шийок колінчастого вала, поверхню роз'єму великої головки шатуна, роблять косою під кутом до осі стрижня (щоб забезпечити можливість проходження шатуна через циліндр двигуна).

У двигунів із лінійними блоками на кожному шатунній шийку колінчастого вала поміщають один шатун (рис. 14.26, *в і з*).

У двигунів із V-подібним блоком на кожній шатунній шийці колінчастого вала поміщають два шатуни, один із яких має видовжену велику головку (рис. 14.26, *а і б*). Велика головка другого шатуна розташовується всередині вильчастої головки іншого.

Висоту поршневої і кривошипної головок у шатунів двигунів з лінійними блоками доцільно робити однаковою, для більшої зручності встановлення деталі під час обробки. У шатунах деяких двигунів (головним чином дизелів) висвердлюють у стрижні мастильний канал.

Технічні вимоги до виготовлення шатунів регламентовані ГОСТом 53813-2010 (автомобільних двигунів) і ГОСТом 5417-79 (тракторних двигунів).

Під час обробки шатунів потрібно забезпечувати високу точність посадкових поверхонь та їх координат.

Це стосується головним чином отворів у поршневій і кривошипній головках: незважаючи на те, що отвір у втулці поршневої головки обробляють за 1-м класом точності, шатуни після обробки сортують на 3–4 групи за діаметрами отворів у втулці під палець поршня.

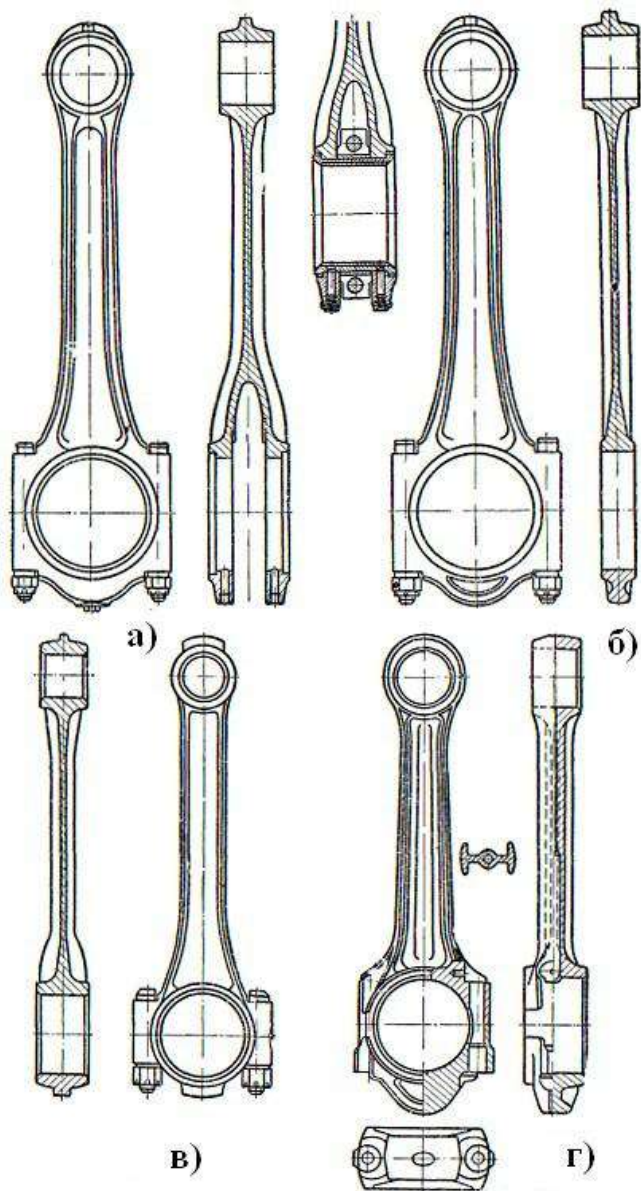


Рисунок 14.26 – Автомобільні (а - в) і тракторний (г) шатуни

Для забезпечення врівноваженості двигуна істотне значення має правильність положення центрів тяжіння в кожного шатуна і невеликі коливання в їхніх абсолютних вагах. Положення центру ваги регламентується заданими вагами великої та малої головок.

14.3.2 Виготовлення заготовок шатунів

Заготовки для шатунів виготовляють штампуванням у закритих штампах. Для економії металу, здешевлення штампування і підвищення точності заготовок шатунів на деяких заводах до остаточного формоутворення заготовки в штампі на кривошипному пресі проводять підготовку заготовки гарячим вальцюванням металу на кувальних вальцях.

Шатуни та їхні кришки можуть бути відштамповані порізно, як дві окремі деталі (рис. 14.27 і 14.28). Однак більш поширене виготовлення цільної заготовки шатуна спільно з кришкою (рис. 14.29). В останньому випадку після часткового оброблення заготовки від неї відрізають кришку, яку обробляють спочатку окремо, потім з'єднують болтами з шатуном і обробляють спільно. Під час штампування цільної заготовки (разом із кришкою) витрачається дещо менше металу. У цьому разі для попередньої обробки поверхонь під вкладиш, у роздільно кованих заготовок шатуна і кришки, може бути застосовано зовнішнє протягування замість розточування, необхідного для утворення циліндричного отвору в цільній заготовці. Крім того, під час виготовлення заготовок кришки і шатуна порізно, відпадає необхідність у відрізання кришки від цільної заготовки. В останньому випадку, в заготовці отвір має овальну форму, що передбачено з урахуванням видалення шару металу під час відрізання.

Загальний *процес виготовлення заготовки шатуна* наступний:

1. відрізка заготовок від прутка;
2. підкатка;
3. прокатка;
4. згинання;
5. штампування;
6. обрізання облою;
7. карбування.

Далі відбувається термічна обробка заготовок, очищення від окалини в піскоструминному апараті та карбування на пресі.

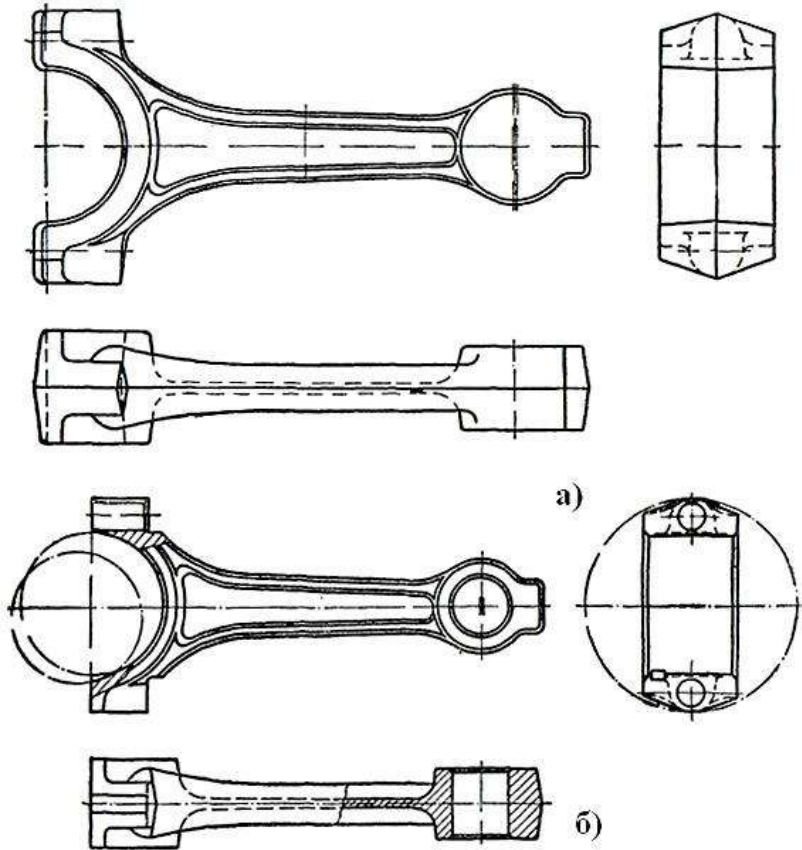


Рисунок 14.27 – Штампована заготовка шатуна (а),
готовий шатун (б)

Холодне карбування здійснюють обтисненням площин головок між паралельними площинами штампа на пресі. Цим підвищується точність відстані між торцями кожної головки, що важливо для спрощення їх подальшого механічного оброблення.

Заготовки шатунів перед надходженням на механічну обробку піддають контролю форм і розмірів. Пристосування для контролю кованої заготовки шатуна легкового автомобіля показано на рис. 14.30. На ньому контролюють положення площин малої головки відносно великої і перевіряють прямолінійність стрижня шатуна.

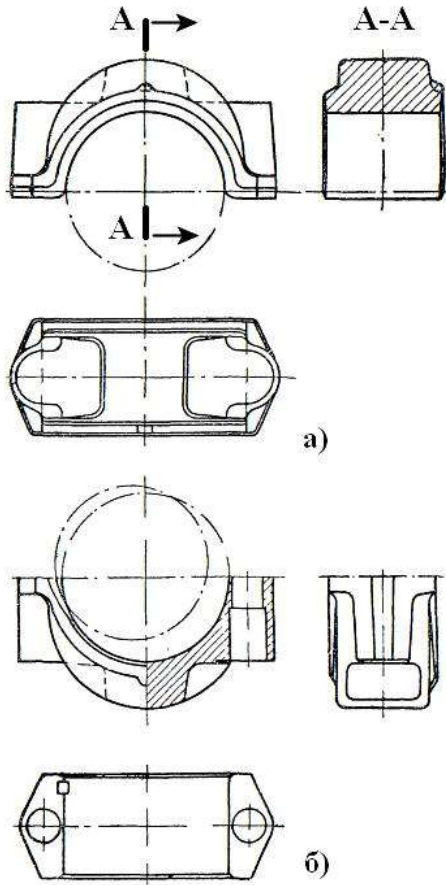


Рисунок 14.28 – Штампована заготовка кришки (а) і готова кришка (б)

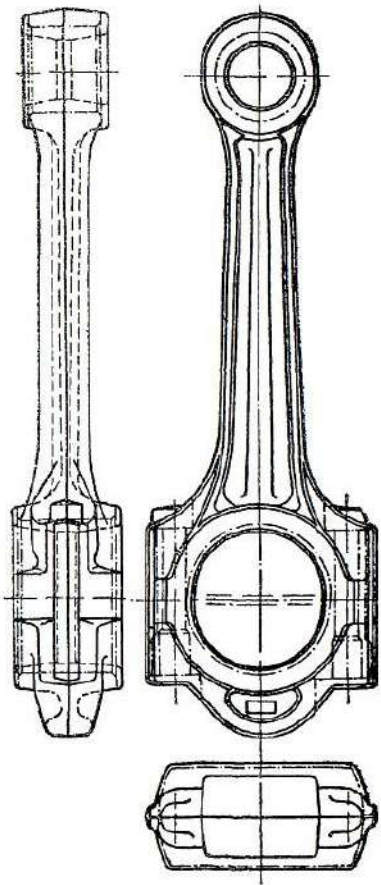


Рисунок 14.29 – Заготовка шатуна, штампована заодно з кришкою

Шатун поміщають на опори 1, 2, 4, до однієї з яких він притискається гвинтом 6. Розмір H перевіряють за положенням планки 7, з важелем 8 щодо ступеневого елемента 5.

Важіль 8 притискається разом із планкою 7 до торця малої головки шатуна. Прямолінійність стрижня шатуна визначається щупом за зазором між цим стрижнем і планкою 3.

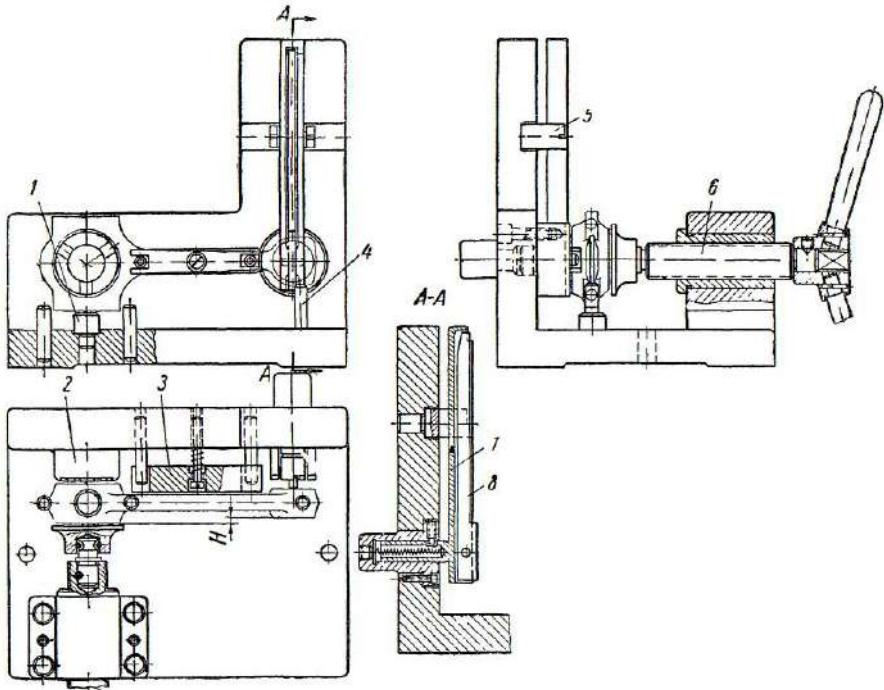


Рисунок 14.30 – Пристосування для контролю заготовки шатуна

14.3.3 Механічна обробка шатунів

Як і під час обробки інших деталей (у яких точно обробляють площини та отвори), найзручнішими настановними базами шатунів є площини торців голівок і отвір в одній із них.

Оскільки отвір у кривошипній голівці точно обробляють наприкінці технологічного процесу, після з'єднання шатуна з кришкою, то на бічних поверхнях великої головки готують допоміжні бази у вигляді двох площадок на бобишках під стяжні болти (рис. 14.31).

Крім того, додаткові допоміжні бази часто створюють обробкою площадок на спеціальних бобишках малих головок шатунів (рис. 14.32). Ці площадки використовують, зокрема, для базування шатуна під час обробки отвору в малій голівці.

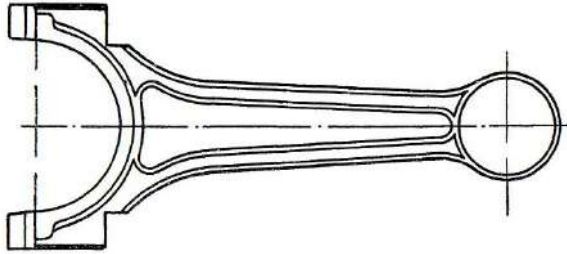


Рисунок 14.31 – Допоміжні бази на кривошипній голівці шатуна

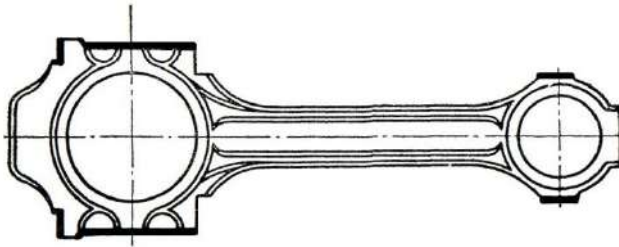


Рисунок 14.32 – Допоміжні бази на кривошипній і поршневій головках шатуна

Обробку цільних шатунів можна розділити на три етапи:

1. оброблення до відрізання кришки великої головки;
2. оброблення шатуна і кришки порізно;
3. оброблення шатуна і кришки в зборі.

Нижче наведено приклад схеми обробки шатунів, використовуваних на деяких автомобільних заводах, для розуміння технологічного процесу обробки шатуна автомобільного двигуна.

Загальний процес обробки шатуна двигуна автомобіля проводиться в такому порядку:

- 1 одночасне протягування торців великої головки шатуна і торців кришки;
2. протягування площини з'єднання шатуна з кришкою і напівотвору в ньому;
3. протягування бобишок великої головки шатуна і замків, під головку болтів;
4. протягування скосів у бобишок кришки і шатуна;
- 5, 6. зачищення задирок і правка;

7. шліфування площин з'єднання у шатуна і кришки;
8. свердління і розгортання отворів під болти в шатуні і кришці шатуна. Свердління, зенкерування та розгортання отвору під втулку в малій голівці шатуна, зенкерування фаски в отворі під втулку, фрезерування паза під вкладиш у шатуні та кришці;
9. зенкування фасок з двох боків в отворі малої головки шатуна та контроль;
10. зенкерування та цекування отвору в бобишках кришки шатуна з боку, протилежного площині роз'єму;
- 11, 12. притуплення гострих крайок біля отворів під болти та зенкування фасок в отворах під головки болтів у шатуні та зняття фасок;
13. обдування повітрям шатуна і кришки, контроль;
14. розгортання отворів під болти в кришці та шатуні в зборі остаточно, контроль;
15. збирання шатуна з кришкою і правка;
16. шліфування обох торців великої головки шатуна;
17. зенкерування та розгортання отвору під вкладиш у великій голівці шатуна;
- 18-20. зняття фасок з двох боків в отворі під вкладиш, зачищення задирок і контроль;
21. запресовування і прогладжування втулки під поршневий палець у малій голівці шатуна;
22. підрізання виступаючих частин втулки з двох боків і зняття фасок;
23. свердління мастильного отвору у верхній голівці шатуна;
- 24, 25. підгонка за вагою великої та малої головок шатуна;
- 26, 27. зачищення задирок, правка;
28. розточування отвору під вкладиш у великій голівці шатуна і втулки під поршневий палець у малій голівці шатуна;
- 29-31. Протягування отвору під вкладиш у великій голівці шатуна, промивання і зняття задирок у пазах під вкладиш;
32. розгортання втулки в малій голівці шатуна;
33. хонінгування отвору під вкладиш у великій голівці шатуна;
- 34, 35. промивання шатуна та правка;
36. остаточний контроль.

14.3.4 Контроль шатунів

Крім контролю розмірів і чистоти обробки поверхонь шатуна, проводять перевірку положення осей отворів під палець поршня щодо отвору під вкладиш у великій голівці.

Це положення регламентовано в двох площинах (непаралельність і скрученість осей). В якості прикладу різноманітних конструкцій пристосувань, на рис. 14.33 показано пристосування для контролю цих параметрів.

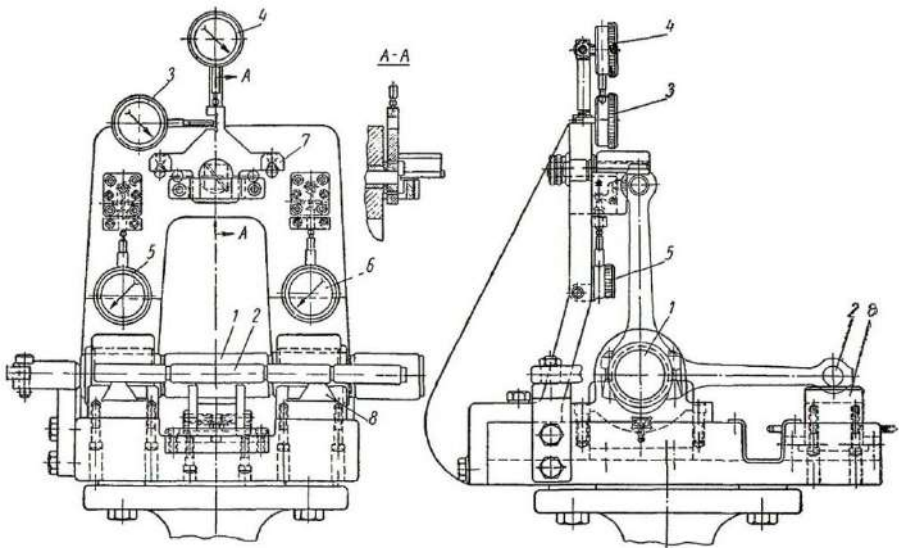


Рисунок 14.33 – Вертикальне пристосування для контролю положення осей отворів у шатуні

Величина непаралельності реєструється індикатором 3, як різниця відстаней кінців качалки 2, вставленої в отвір під поршневий палець, до кінців качалки 1, вставленої в отвір під вкладиш. Індикатор 3 контактує з хитним кронштейном 7.

Іншими індикаторами 5 і 6 перевіряють скрученість осей отворів під час приведення шатуна у вертикальне положення. Індикатор 4 призначений для контролю відстаней між отворами у верхній і нижній голівках шатуна.

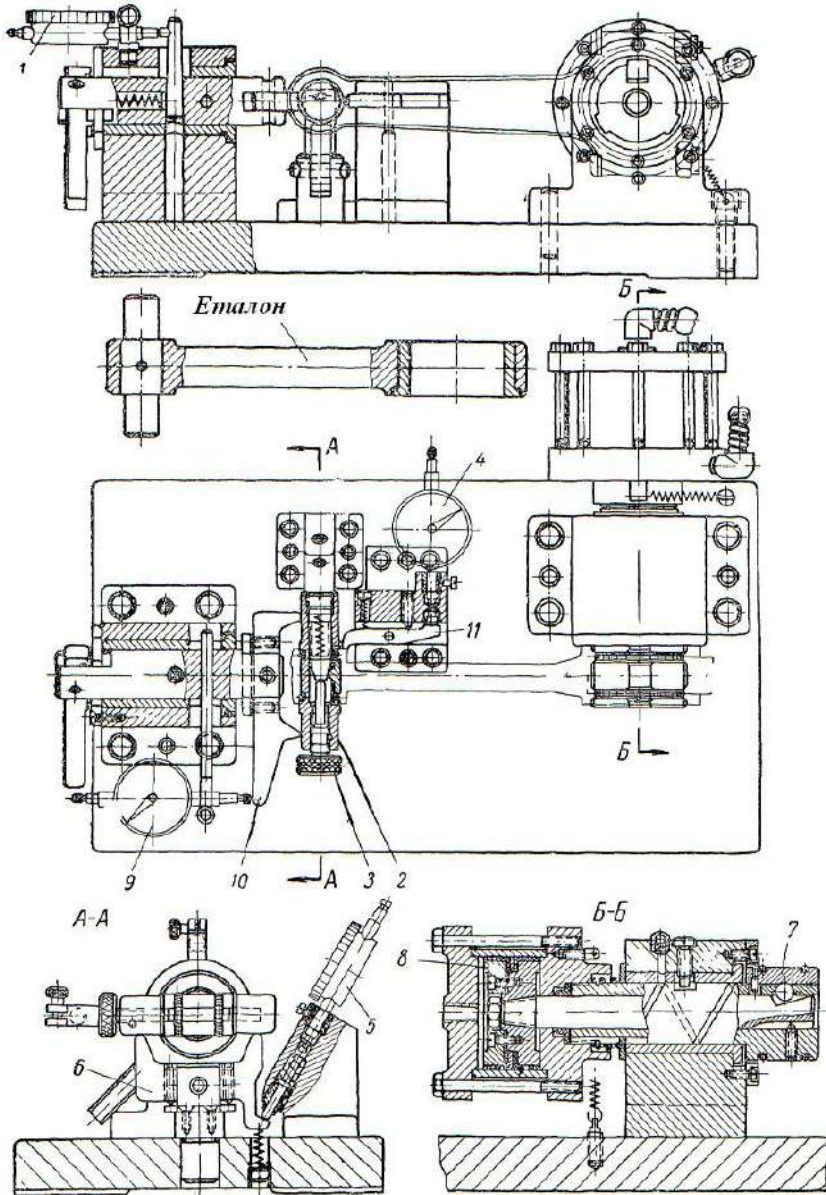


Рисунок 14.34 – Горизонтальне пристосування для контролю положення осей отворів у шатунах

У цьому ж пристосуванні проводять правку шатуна шляхом вигину його і скручування особливим ключем, яким захоплюють шатун за стрижень. При цьому для орієнтовної перевірки ступеня скрученості осей отворів використовуються площини опор 8.

Пристосування, показане на рис. 14.34, призначене для контролю паралельності осей отворів в головках, у двох площинах, відстані між цими осями і між торцями цих головок.

Шатун поміщається отвором великої головки на розтискну оправку 7, що діє від пневмоприводу 8. У малу головку вставляється качалка 2, що розтискається під час обертання гвинта 3. Відстань між осями реєструється індикатором 1.

Паралельність осей в одній площині перевіряється індикатором 9 через важіль 10, що хитається, в іншій площині індикатором 5 через важіль 6. Похибки у відстані між торцями реєструються індикатором 4 через важіль 11.

На рис. 14.35 представлено пристосування для перевірки перпендикулярності площини з'єднання з кришкою до осі шатуна. Шатун малою головкою встановлюють у призму 2, а напівотвором у великій голівці на фіксатор 1. Індикатор покаже неперпендикулярність площини роз'єму до осі шатуна.

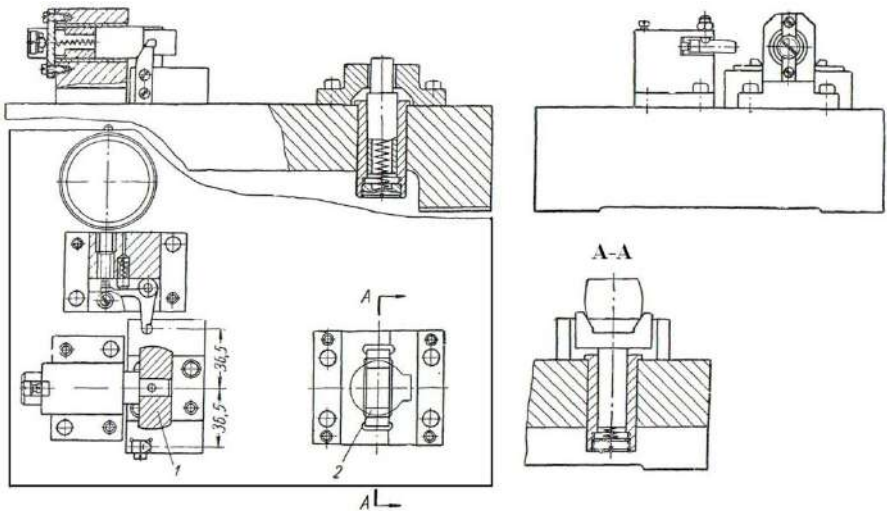


Рисунок 14.35 – Горизонтальне пристосування для перевірки положення площини стику з кришкою

Для перевірки розміру радіуса півкола у великій голівці шатуна застосовують пристосування (рис. 14.36), у якому шатун площиною роз'єму встановлюють на плиту 1.

Положення шатуна фіксують пальцями 2 і упором 3. Пристосування для контролю положення осі отвору у великій голівці шатуна по відношенню до торця показано на рис. 14.37. Шатун поміщений на центрувальний поясok опори 1, у якій може обертатися качалка з важелем 3.

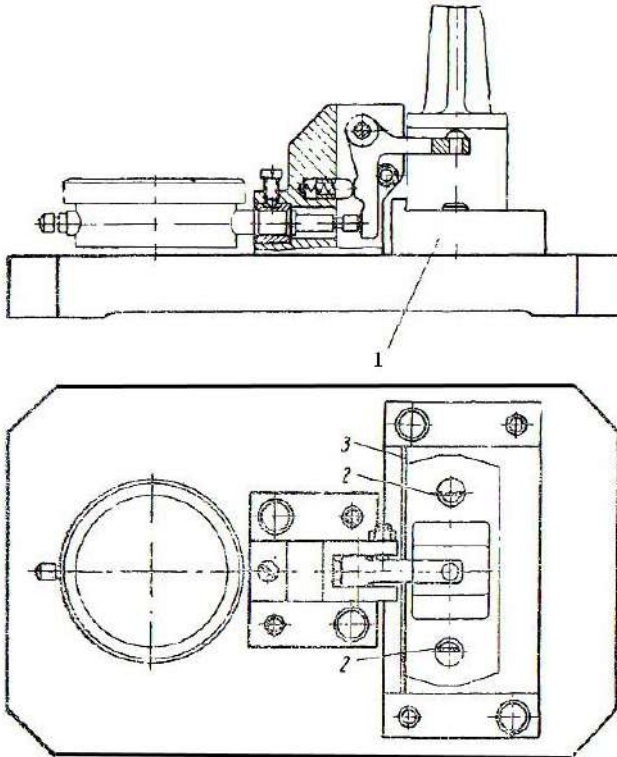


Рисунок 14.36 – Пристосування для контролю радіуса напівкожжності

Наконечник останнього торкається поверхні отвору в шатуні. Відхилення важеля 3 передаються індикатору 4. Обертання качалці 2 надається пневматичним двигуном 5. Притиск шатуна до площини торця здійснюється рукояткою 6.

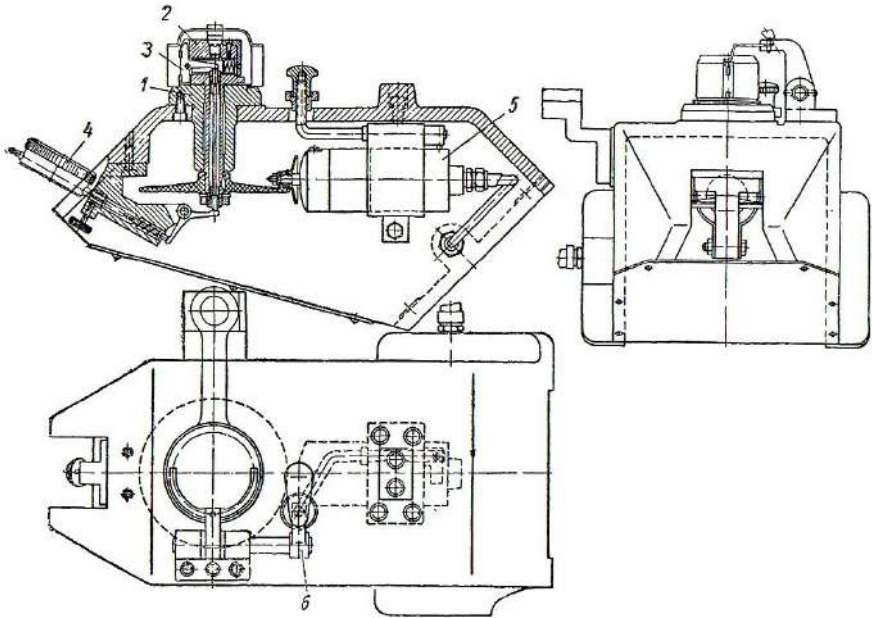


Рисунок 14.37 – Пристосування для контролю положення осі отвору в шатуні по відношенню до торця

Питання для самоперевірки

1. Назвіть найважливіші поверхні точно координованих отворів у блоку циліндрів двигуна автомобіля?
2. Як здійснюється базування блока циліндрів двигуна під час обробки допоміжних баз?
3. Розкажіть порядок обробки лінійного блока циліндрів двигуна.
4. Назвіть найважливіші точні отвори у блоків що не гільзуються.
5. Назвіть найважливіші точні отвори у блоків що гільзуються.
6. Як роблять обробку отворів під підшипники колінчастого і розподільного валів?
7. Коли роблять хонінгування дзеркал циліндрів блоку двигуна?
8. Скільки раз та на яких верстатах виконують хонінгування дзеркал циліндрів блоку двигуна?
9. Як контролюють діаметри оброблюваних поверхонь при

хонінгуванні?

10. В чому полягають технологічні особливості конструкцій колінчастих валів?
11. З яких матеріалів виготовляють колінчасті вали і навіщо проводять їх гартування?
12. Як і коли проводять правку колінчастих валів?
13. В чому полягає механічна обробка колінчастих валів?
14. Як виконується загартування шийок колінвалу?
15. Як здійснюється контроль розмірів колінвалу під час обробки?
16. Як виконується балансування колінчастих валів?
17. Розкажіть загальний процес виготовлення заготовки шатуна.
18. Розкажіть загальний процес обробки шатунів двигуна.
19. Які параметри шатунів необхідно контролювати під час обробки?
20. На яких верстатах здійснюється обробка колінчастих валів?

ТЕМА 15. ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ КУЗОВІВ І КАБІН АВТОМОБІЛІВ

Удосконалення автомобілів, зростаючі вимоги споживачів, екологічні вимоги та інші чинники зумовлюють необхідність розробок різноманітних кузовів з урахуванням ергономіки, сучасних напрямів дизайну тощо.

На початку розвитку автомобілебудування використовувалася рамна конструкція кузовів. Рама призначалася для кріплення кузова і всіх механізмів автомобіля, була самостійним вузлом, що сприймає навантаження, які виникають під час руху автомобіля. Автомобілі з рамною несучою конструкцією кузова мали різні варіанти форми, залежно від їхнього функціонального призначення, і не обмежувалися жорсткими вимогами до кузова.

Поворотним кроком у розвитку конструкцій кузовів стало створення в 50-х рр. XX століття безрамного автомобіля з несучим кузовом. Кузов став найважливішою частиною автомобіля, а для легкових автомобілів і автобусів – одним із найбільш трудомістких агрегатів. Трудомісткість виготовлення кузова легкового автомобіля становить до 60 % всієї трудомісткості виготовлення автомобіля.

Компонування, форма, конструкція і технологія виробництва кузова чинить великий вплив на технічну характеристику автомобіля, його тягово–швидкісні характеристики і паливну економічність, безпеку руху і, що особливо важливо, багато в чому визначає термін служби автомобіля. Більшість вимог щодо пасивної безпеки забезпечуються саме конструкцією кузова.

Характерними особливостями кузовних конструкцій є їх відносно мала жорсткість, великі розміри і складність просторових форм деталей. Ці особливості та вимоги взаємозамінності зумовлюють складну систему проектування і виробництва кузовів, виготовлення майстер–моделей, штампів, складально–зварювальних пристосувань і контрольного оснащення.

Прийнята останніми роками на Заході «споживча класифікація» конструкції кузовів легкових автомобілів показана на рис. 15.1.

Хетчбеки – це синонімічна назва невеликих автомобілів, які мають 4 двері, а також двері багажника, які знаходяться в задній частині транспортного засобу (Hyundai i10, i20, Fiat Punto і т.п.).



Hatchback Car



Convertible Car



Pick Up Vehicle Car



Sedan Car



Coupe Car



VAN Car



Wagon Car



SUV Car



Jeep Car

Рисунок 15.1 – Приклади кузовів легкових автомобілів

Всі такі автомобілі, які відповідають цим вимогам, відносяться до категорії хетчбеків. Найчастіше до них відносять ті типи, які спроектовані інженерами таким чином, щоб забезпечити комфортне розміщення мінімум 4-х пасажирів, а максимум - 5 пасажирів. Поряд з власне сидячими місцями є невеликий багажник, який призначений спеціально для розміщення багажу в автомобілі.

Конкретного розміру хетчбека не існує, він може варіюватися в залежності від дизайну. Хетчбеки також класифікуються як компактні хетчбеки, які в даний час налічують 29 типів автомобілів, що підпадають під категорію хетчбека і компактного хетчбека.

Дуже часто зустрічається, що дизайн інтер'єру разом з багажним відділенням більш-менш однаковий, хоча, це лише деякі особливості, які варіюються в залежності від компанії до компанії. Існують різні типи змін, які дизайнери та виробники постійно вносять для того, щоб збільшити продажі конкретного автомобіля. Ці зміни можуть стосуватися розширення внутрішнього простору, дорожнього просвіту, об'єму багажника, пробігу тощо.

Седанами називають автомобілі, які мають більшу місткість, а також велику кількість простору (Honda Civic, Accord, Skoda Rapid, Volkswagen Jetta, Passat тощо). Вони мають більші розміри порівняно з хетчбеками. Ці автомобілі також призначені для комфортного розміщення 5 пасажирів, а також мають більший об'єм багажника або розмір багажника для перевезення великої кількості багажу. Вантажопідйомність седана вдвічі більша, ніж у хетчбека, тобто 600 кг - це максимальна вантажопідйомність. У категорії седанів існує досить широкий вибір варіантів, які залежать як від розмірів, так і від особливостей автомобіля.

Позашляховики: SUV – Sports Utility Vehicle (MUV – Multi-Utility Vehicle, XUV).

Хоча мало хто усвідомлює різницю між SUV, MUV і XUV, між ними існує разюча різниця в характеристиках і ціні. MUV називають багатоцільовим автомобілем (Renault Tribler, Toyota Rumion, Kia Carens, Kia Carnival, Suzuki XL6, Toyota Innova Hycross), а SUV - спортивним позашляховиком (Skoda Yeti, Toyota Fortuner, BMW X1, Audi Q, KIA Sportage, Hyundai Tucson).

Спортивний позашляховик (SUV) відомий своєю потужною динамікою, яку забезпечує потужний двигун. Просторий салон забезпечує достатньо місця для всіх, щоб насолодитися комфортною

поїздкою. SUV особливо славляться своєю надійністю на різноманітній місцевості. SUV працюють з переднім або повним приводом. Вони порівняно дорожчі, ніж їхні аналоги MUV, але це означає, що ви отримуєте додатковий набір функцій у вигляді потужного двигуна з високими експлуатаційними характеристиками. Однак, коли справа доходить до паливної ефективності, SUV, як правило, мають нижчі показники, ніж MUV.



Рисунок 15.2 – Порівняння типів автомобілів SUV, MUV та XUV

MUV – це порівняно полегшена версія SUV. Потужність двигуна, простір і, найголовніше, ціна нижчі, ніж у SUV, але вищі, ніж у хетчбеків і навіть седанів. Якщо коротко, то MUV саме для тих, у кого грошей не вистачає на SUV, тобто такий собі економічний варіант у категорії SUV, який дозволяє «надати впевненості в собі нікчемам по життю та іншим бовдурам» («to give confidence to lowlives and other assholes»), що бюджетні обмеження не перешкоджають їхній мрії про власний позашляховик

Ну а XUV це трохи збільшених розмірів SUV, причому такі версії автомобілів є лише на ринках Індії та Пакистану.

Існують різні типи SUV: малогабаритні (субкомпактні та компактні) кросовери (Crossover), середньорозмірні SUV / кросовери та повнорозмірні кросовери / SUV (GMC Yukon, Chevrolet Suburban, Chevrolet Traverse, Lincoln Navigator, Nissan Armada та ін.). Більшість з них мають 2-колісний привід (2WD), тоді як інші мають або 4-колісний (4WD), тобто повний привід, які здебільшого відомі як позашляховики (off-roaders).

Також існує різниця між кросовером і SUV. Кросовери здебільшого побудовані на шасі легкового автомобіля, тоді як SUV –

на рамному шасі. Кросовери можуть бути субкомпактними, середньо-компактними або повнорозмірними. Однак більшість SUV є повнорозмірними. Ви також можете побачити деякі середньорозмірні SUV (mid-size SUVs), але навряд чи знайдете менші за розміром.

Kyue (Coupe Car Type) – називають класифікаційною версією седана, але важливо зазначити, що це автомобілі, які мають лише двоє дверей (Aston Martin, Ford Mustang, Toyota Supra, Acura RSX, Audi RS 5 Coupe). З технічної точки зору немає ніякого сенсу мати двоє дверей, хоча це робиться лише для того, щоб надати автомобілю стильного та розкішного вигляду. Дизайн купе спочатку використовувався переважно в європейських країнах. Автомобілі купе є одними з найбільш швидкісних транспортних засобів, які здатні розігнатися до тризначної швидкості за кілька секунд. Найчастіше купе віддають перевагу автовиробники, яким необхідно розробити високопродуктивний лінійний транспортний засіб. Максимальна вантажопідйомність купе становить близько 500-600 кілограмів.

Автомобілі з відкидним верхом типу «кабриолет» (Convertible Car Type) – це автомобілі, у яких лінія даху може бути знята або переобладнана в залежності від потреби (Mercedes A205 SL, Mini Cooper Convertible, Porsche 718 Boxster, BMW Z4, Volvo C70, Renault Megane CC). Для того, щоб скласти дах та покласти його назад, достатньо лише натиснути відповідну кнопку в салоні. Кабриолети – це ті автомобілі, які частіше використовуються в країнах Західної Європи та США. Ці типи моделей автомобілів ніколи не спрямовані на функціональність, вони просто створені для тих, хто має пристрасть до водіння стильних автомобілів і хоче відчути, як змінюється атмосфера під час керування автомобілем.

MPV (Multi Purpose Vehicle) – багатоцільовий транспортний засіб (Changan Karvaan, Kia Carnival, Hyundai Staria). Це універсали та мінівени (wagons and minivans) всі вони відрізняються за стилем, але належать майже до однієї категорії, і є одними з найпопулярніших типів автомобілів. Вони мають більшу кількість місць для сидіння (як правило, більше 5), а деякі навіть мають 11 або більше сидінь. Однак, MPV здебільшого вищі за універсали. Вони також відрізняються від комерційних фургонів за розміром (комерційні фургони більші).

Піканом (Pick Up Vehicle Car Type) називається тип автомобіля, який має повністю окремий простір для розміщення багажу (GMC Sierra, Ford F-150 Raptor, Nissan Navara, Mitsubishi L200, Chevy

Silverado, Toyota Tundra, Suzuki Ravi тощо). Він поєднує в собі дизайн, схожий на MUV, і багажний відсік, схожий на комерційний пікап, або може бути навіть більшим за нього.

Розміри цього типу автомобілів помітно більші, а сам автомобіль, здається, побудований на рамі шасі для того, щоб перевозити необхідний вантаж, який повинен бути значно більшим. Максимальна вантажопідйомність для такого типу автомобілів становить близько 800-900 кг.

Джип (Jeep Car Type), класичне визначення терміну «джип» – це тип повнопривідного автомобіля рамної конструкції, із залежною підвіскою всіх коліс і спрощеним кузовом, який має підвищену прохідність по бездоріжжю завдяки великому кліренсу, ведучих передніх і задніх мостів.

З часом «Jeep» став торговою маркою автомобілів, яка наразі належить транснаціональній автомобілебудівній корпорації Stellantis NV (контрольована італійською сім'єю Аньєллі – голова корпорації та головний виконавчий директор Джон Елканн став обраним спадкоємцем свого діда Джованні (Джанні) Аньєллі), утворена 2021 року після злиття PSA (Groupe Peugeot Société Anonyme – Акціонерне товариство «Пежо») і FCA (Fiat Chrysler Automobiles N.V. – італійсько-американський автовиробник, сьомий у світі за кількістю машин, що випускаються, з головною компанією зареєстрованою в Нідерландах).

До речі, саме Джованні Аньєллі-старший, один із найбагатших і найвпливовіших людей планети, 11 липня 1899 року спершу був одним із інвесторів FIAT, а згодом став керуючим підприємством, яке саме завдяки йому і стало одним із найбільших у світі автовиробників. У роки Першої світової та перші повоєнні роки концерн FIAT ще займався випуском літаків і танків.

У 1920-х роках FIAT зробив невдалу спробу «зайти зі своїми технологіями в радянську Росію» (рис. 15.3), коли всі зусилля нової влади СРСР були спрямовані на закупівлю сучасного обладнання і машин для радянської машинобудівної промисловості.

І тільки у 1966 році, коли президентом FIAT став Дж. Аньєллі-молодший (тому що сім'я Аньєллі повернула собі контрольний пакет акцій FIAT), директор компанії Вікторіо Валетта підписав договір про надання технічної допомоги з організації в СРСР виробництва автомобіля Fiat 124, відомого в нашій країні як ВАЗ-2101 «Жигулі».



Рисунок 15.3 – Італія, Турин, 1924 р. Завод FIAT. Презентація нового автомобіля Fiat 501, за кермом торгпред СРСР в Італії С.Г. Горчаков

Отже якість кузова визначається не тільки його конструкцією, а й технологією виготовлення, що охоплює виготовлення складових його деталей, їхнє з'єднання та нанесення лакофарбових і спеціальних покриттів, які поліпшують його декоративний вигляд, підвищують довговічність та інші експлуатаційні характеристики.

Висока якість кузова забезпечується на різних етапах його виготовлення:

- під час підготовки виробництва – раціональне конструктивно–технологічне розчленування кузова на вузли і деталі, відпрацювання технологічності складальних одиниць і кузовних штампованих деталей;
- під час розроблення технологічного процесу штампування – створення оптимальних схем для отримання деталей високої якості;
- під час розроблення технологічного процесу складання–зварювання кузова – вибір раціональних схем складання, базування і закріплення.

Для виготовлення різних деталей кузова застосовують різноманітні матеріали (сталь, алюміній, скло, пластмаси, тканини, гуму тощо), використовуючи різні види їхньої технологічної обробки (штампування, збирання–зварювання, фарбування, металопокриття тощо).

Треба розуміти що *кожна нова модель автомобіля – це новий кузов (нова кабіна)*. Безперервне вдосконалення зовнішніх форм автомобіля, зниження маси і підвищення експлуатаційних характеристик – це ті основні завдання, які стоять перед конструкторами, технологами і виробничим персоналом кузовного виробництва автомобільного заводу.

А для забезпечення масового випуску автомобілів необхідна організація потокового виробництва для всіх технологічних процесів: від виготовлення окремих кузовних деталей до складання та оздоблення кузова в цілому.

Тому дуже важливо, щоб студенти як майбутні автомобільні інженери – конструктори кузовів знали основи технологічних процесів їх виготовлення, а інженери-технологи – основи їх проектування. Тільки в цьому разі конструкції автомобільних кузовів, складальних одиниць і деталей будуть більш технологічними, а технологія виготовлення всього кузова – досконалішою.

15.1 Штамповка кузовних деталей

15.1.1 Матеріали використовувані для виготовлення кузовних деталей

Для виготовлення деталей кузовів і кабін автомобілів в основному застосовуються листові матеріали.

Вибір матеріалу є важливим фактором, що забезпечує якість кузовів автомобілів. До листових матеріалів висуваються такі вимоги:

- матеріал повинен забезпечувати міцність деталі у вузлі і мати необхідні пластичні властивості для штампування деталі заданої форми;
- товщина матеріалу має бути достатньою для забезпечення необхідної міцності деталі після пластичного деформування під час штампування;
- матеріал повинен забезпечувати якісне виконання інших

технологічних процесів виготовлення кузовів і кабін (зварювання, фарбування тощо);

- номенклатура товщин, марок і розмірів застосовуваного листового і рулонного матеріалу має бути якомога меншою.

Основним кузовним матеріалом є тонколистова низьковуглецева якісна сталь, що виготовляється методом холодної прокатки. Переважні товщини використовуваних сталей знаходяться в діапазоні 0,6–1,5 мм.

Марки, властивості та сортамент сталей регламентуються такими стандартами (відповідні сучасні Європейські норми на сталевий прокат за потреби ви можете знайти самостійно):

1. ДСТУ 2834 (ГОСТ 9045–93). Прокат тонколистовий холоднокатаний з низьковуглецевої якісної сталі для холодного штампування. Технічні умови;

2. ДСТУ 2834 (ГОСТ 16523–97). Прокат тонколистовий з вуглецевої сталі якісної і звичайної якості загального призначення. Технічні умови;

3. ДСТУ 2834 (ГОСТ 19904–90). Прокат листовий холоднокатаний. Сортамент.

Листова сталь за ДСТУ 2834 (ГОСТ 9045–93) застосовується для найскладніших і найвідповідальніших деталей, зокрема і для облицювальних (зовнішніх) деталей кузова. Сталевий прокат поділяють:

- 1) за видом продукції;
- 2) за нормованими характеристиками;
- 3) за якістю обробки поверхні;
- 4) за здатністю оброблятися штампуванням–витяжкою.

За видом продукції – прокат підрозділяється на листи і рулони.

За нормованими характеристиками прокат ділиться на п'ять категорій, кожна з яких визначає характеристики механічних властивостей, що регламентуються під час постачання прокату за цією категорією.

До нормованих характеристик належать межа плинності σ_T , тимчасовий опір σ_B , відносне подовження δ , твердість за Роквеллом, глибина сферичної лунки, що формується на листовому зразку до його руйнування спеціальним інструментом (випробування за методом

Еріксена).

За якістю обробки поверхні листового прокату виділено три групи: I – особливо високої обробки, II – високої обробки, III – підвищеної обробки. Прокат I групи може випускатися з глянцевою поверхнею ($R_a < 0,6$ мкм); з матовою поверхнею (R_a від 0,6 до 1,6 мкм); з шорсткою поверхнею ($R_a > 1,6$ мкм).

За здатністю до обробки штампуванням–витяжкою прокат ділиться на такі види: ВОСВ, ВОСВ–Г – для вельми особливо складної витяжки, ОСВ – для особливо складної витяжки, СВ – для складної витяжки, ВГ – для вельми глибокої витяжки.

Відповідно до ГОСТ 9045–93 випускаються сталі марок 08Ю, 08кп, 08пс. Основною маркою є сталь 08Ю, вона може випускатися всіх видів за здатністю до витяжки. Сталі марок 08кп, 08пс випускаються тільки виду ВГ. ГОСТ 9045–93 регламентує також хімічний склад наведених вище марок сталей.

Для низки внутрішніх невідповідальних деталей кузовів і кабін застосовується листовий прокат за ГОСТ 16523–97, що підрозділяється за способом виробництва на холоднокатаний і гарячекатаний. Через невисоку якість поверхні гарячекатаний листовий прокат в автокузовному виробництві практично не застосовується. Відповідно до цього стандарту **прокат поділяють:**

1) **за мінімальним значенням тимчасового опору** (в позначенні вказано літерою «В») на групи міцності: К260В, К270В, ОК300В, К310В, К330В, К350В, ОК360В, ОК370В, К390В, ОК400В, К490В. Літери на початку позначають: К – сталь якісна, ОК – сталь звичайної якості; цифри вказують мінімальне значення тимчасового опору σ_b , Н/мм²;

2) **за здатністю до витяжки** на два види: Г – для глибокої витяжки, Н – для нормальної витяжки. Здатність до витяжки регламентується тільки для холоднокатаного прокату товщиною до 2 мм груп міцності К260В, К270В, К310В, К330В, К350В.

Поділ за видами продукції та за якістю обробки поверхні такий самий, як прокату за ДСТУ 2834 (ГОСТ 9045–93).

Стандарт на сортамент ДСТУ 8971:2019 (ГОСТ 19904–90) поширюється на листовий холоднокатаний прокат завширшки 500 мм і більше, що виготовляється в листах товщиною від 0,35 до 5,0 мм і рулонах товщиною від 0,35 до 3,5 мм. Стандарт встановлює низку розмірів прокату за товщиною, шириною і довжиною, граничні

відхилення цих розмірів, площинність прокату, характер крайки (обрізна, необрізна) і регламентує інші характеристики прокату (хвилястість, серповидність, телескопічність та ін.).

Важливою характеристикою листових низьковуглецевих сталей є штампуваність, тобто здатність матеріалу пластично деформуватися до заданих ступенів деформації, набуваючи необхідної форми і не руйнуючись при цьому. З перерахованих вище характеристик, що визначаються стандартами, найбільший вплив на штампуваність сталі чинить її здатність до витяжки, хімічний склад, структура, якість поверхні, товщина.

Вміст вуглецю в сталі має значний вплив на її штампуваність. При збільшенні кількості вуглецю зростає міцність і знижується пластичність сталі, штампуваність при цьому погіршується. Тому для випадків особливо складного витягування вміст вуглецю в сталі не повинен перевищувати 0,1%, а для неглибокого витягування і згинання може досягати 0,15–0,2% і більше.

З неметалевих включень найбільший негативний вплив на штампуваність чинить структурно-вільний цементит, який розташовується на кордонах феритних зерен і спричиняє розриви сталі під час штампування. ДСТУ 2834 (ГОСТ 9045–93) регламентує розмір феритних зерен і вміст у сталі структурно-вільного цементиту.

Для зниження маси автомобіля дедалі більшого поширення набувають сталі підвищеної міцності. Це низьковуглецеві сталі, у яких значення тимчасового опору розриву вище 400 МПа. Водночас пластичність цих сталей досить висока ($\delta > 20\%$), що забезпечує їхню хорошу штампуваність. За сумарним вмістом легуючих елементів сталі підвищеної міцності можна віднести до низьколегованих сталей.

До складу цих сталей входять марганець, кремній, алюміній, ванадій, ніобій, титан, нікель, мідь, азот у незначних кількостях. Оптимальний рівень механічних властивостей забезпечується комплексним легуванням, коли до складу сталі входить кілька легувальних елементів.

У кузовобудуванні найбільше застосування знайшли сталі 08ГСЮТ, 08ГСЮФ, 07ГСЮФ. До складу цих сталей входять також нікель (–0,1 %) і мідь (–0,15 %). Окрему групу сталей підвищеної міцності складають двофазні (феритно–мартенситні) сталі.

Основними перевагами цих сталей є підвищена (за даної міцності) пластичність і високі показники деформаційного зміцнення.

Вони мають низькі значення відношення межі плинності σ_T до межі міцності σ_B , мають здатність до зміцнення за незначних (-5%) ступенів деформації. Для цих сталей характерний широкий інтервал міцності – від 400 до 1 000 МПа. Низьке значення відношення σ_T / σ_B для вихідного стану сталей визначає їхню хорошу штампуваність, що відповідає категоріям ОСВ, СВ і ВГ.

Вартість двофазних сталей на 35–40 % вища, ніж звичайних листових сталей. Останнім часом, в автомобілебудуванні, збільшується застосування алюмінієвих сплавів, що пояснюється їхньою малою питомою вагою, хорошими характеристиками міцності, корозійною стійкістю, задовільними технологічними властивостями.

В автокузовобудуванні здебільшого застосовують алюмінієві сплави систем Al-Cu, Al-Mg, Al-Mg-Si, Al-Mg-Mn, які випускають у вигляді листів, стрічок, профілів. Провідні автомобільні фірми використовують алюмінієві сплави під час виготовлення кузовів автомобілів, що випускаються малими серіями. Широке застосування алюмінієвих сплавів стримується їхньою відносно високою вартістю і низькою технологічних труднощів.

15.1.2 Загальна характеристика кузовних деталей

Кузовні деталі являють собою просторові оболонки з тонколистового металу, що характеризуються великими габаритними розмірами, різноманітністю форм. За характером сполучення поверхні кузовної деталі поділяють на основні, допоміжні та вільні.

Основними поверхнями деталі називаються поверхні, що входять у механічний контакт з іншими деталями і визначають положення деталі в кузові. Вони розташовуються зазвичай по периметру деталі або по контуру прорізів, у цьому випадку вони називаються фланцями. Фланці, як правило, розташовуються під деяким кутом до вільних поверхонь або відокремлені від них уступами.

Допоміжними поверхнями деталі називаються поверхні, за допомогою яких приєднуються інші деталі і які визначають їхнє положення.

Вільними називаються поверхні, які не входять у контакт із поверхнями інших деталей і слугують, в основному, для надання деталі закінченої об'ємної форми.

Зображення кузовних деталей на кресленнях має низку особливостей. На основних проекціях креслення деталь зображується в робочому положенні, тобто в тому положенні, яке вона займає в кузові після складання.

Креслення деталі має давати уявлення про місце розташування деталі в кузові. Для цього основні проекції креслення виконуються із застосуванням координатної сітки (зазвичай із кроком 100 або 200 мм), перенесеної з плазового креслення кузова, тобто креслення кузова в зборі, виконаного в масштабі 1:1.

Лінії координатної сітки на проекціях креслення є слідами сімейств взаємно перпендикулярних координатних площин, у яких проводиться побудова кузова. Площинами відліку при цьому є:

- горизонтальна площина, що збігається з рівнем підлоги кузова;
- вертикальна поздовжня площина, що збігається з площиною симетрії кузова;
- вертикальна поперечна площина, що проходить через вісь передніх коліс.

Розміри, що визначають положення кузовної деталі в просторі, прив'язуються на кресленні до ліній координатної сітки. На кресленні координатна сітка показується тонкими лініями, що закінчуються колами, усередині яких стоять цифри, що вказують відстань у міліметрах до відповідних площин відліку.

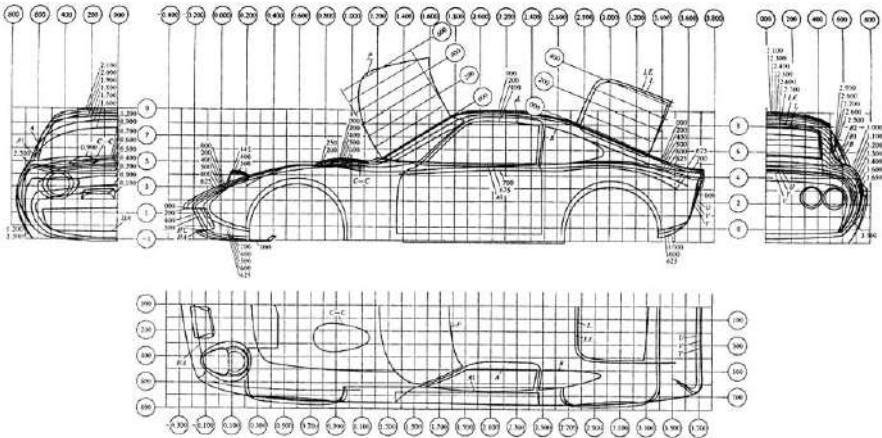


Рисунок 15.4 – Креслення кузова на координатній сітці

Особливістю листоштампованих деталей є відсутність чітких ліній перетину поверхонь. Кожна поверхня переходить в іншу за допомогою заокруглення з постійним або змінним радіусом. Тому лінії перетину кузовних деталей хоча і показуються на кресленні, але є умовними. Під час позначення розмірів, виносні лінії проводять від умовних ліній перетину поверхонь (рис. 15.5).

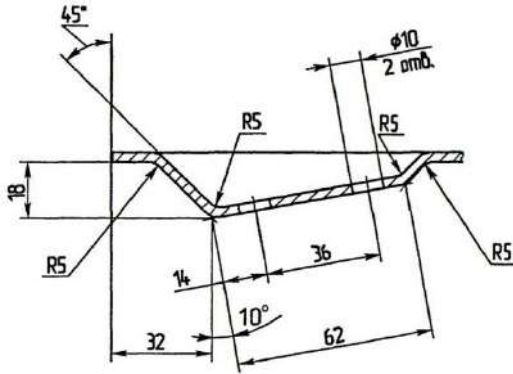


Рисунок 15.5 – Фрагмент креслення кузовної деталі

Складна форма кузовних деталей не дає змоги однозначно задати за допомогою розмірів кожену точку поверхні. Зазвичай на поверхні деталі виділяють низку характерних ліній, на яких також вибирають низку характерних точок, координати яких визначають трьома розмірами. Як такі характерні лінії можуть бути використані як умовні лінії перетину між собою поверхонь деталі, так і лінії перетину поверхні деталі з координатними площинами.

Умовно вважають, що кузовна деталь має постійну товщину, яка дорівнює товщині вихідної листової заготовки, хоча насправді товщина деталі під час штампування змінюється. Для спрощення креслення іноді кузовні деталі зображують у вигляді оболонки, що не має товщини.

Якщо листове штампування під час виготовлення дрібних деталей в автомобілебудуванні практично не відрізняється від аналогічних операцій в інших галузях промисловості, то технологія виготовлення великих кузовних деталей, конструкції штампів і організація виробництва має свою специфіку. Тому виробництво автокузовних деталей виділяється у відокремлене виробництво,

безперервне вдосконалення технології якого, сприяє вдосконаленню форм і конструкцій кузовів автомобілів.

Автокузовні деталі можна класифікувати за габаритними розмірами, призначенням, зовнішнім виглядом, технологічними ознаками.

Класифікація кузовних деталей за розмірами:

Особливо великі – зовнішні та внутрішні панелі боковин, панелі даху та підлоги;

Великі – панелі крил, дверей, капотів, щитки передка, арки коліс тощо;

Середні – лонжерони підлоги, підсилювачі підлоги, підсилювачі стійок боковини, поперечки тощо;

Дрібні – деталі, максимальний розмір яких не перевищує 300–350 мм.

На автомобільних заводах великі та особливо великі деталі штамнують у цехах великого штампування, а середні та дрібні – відповідно в цехах середнього та дрібного штампування. Ці цехи характеризуються певним типажем застосовуваного пресового обладнання. Однак такий поділ умовний, оскільки деякі середні кузовні деталі можуть штампуватися в цеху великого штампування, якщо їхня складна форма відповідає технологічним процесам, типовим для цехів великого штампування.

Класифікація кузовних деталей за призначенням:

Зовнішні деталі, що утворюють зовнішню оболонку кузова і визначають зовнішній вигляд автомобіля та його аеродинамічні властивості. Здебільшого мають пологу форму без різких зламів і перетинів. До них висуваються високі вимоги щодо якості їхньої поверхні.

Внутрішні – підсилювачі зовнішніх панелей, а також більшість деталей, що утворюють просторовий каркас кузова або кабіни. Внутрішні деталі повинні мати високу жорсткість і точність розмірів, тому вони мають складну просторову форму, що характеризується наявністю зламів, виштаповок, ребер жорсткості тощо.

Каркасні – лонжерони, поперечки основи підлоги, стійки, розпірки та інші подібні деталі. Каркасні деталі сприймають основні навантаження від ходової частини. Мають, як правило, П-подібну (швелерну) форму, виготовляються з листового металу підвищеної товщини.

Класифікація деталей за вимогами до зовнішнього вигляду:

1. Лицьові деталі, що визначають зовнішній вигляд і аеродинаміку кузова – зовнішні панелі капота, кришки багажника, дверей, крила, дах тощо. До них висувають найвищі вимоги за якістю поверхні і за геометрією. На лицьовій поверхні панелей не допускаються гофри, хвилястість, сліди від перетікання листа по інструменту, риси, забоїни тощо. Навіть незначні дефекти поверхні викликають після фарбування кузова злам світлових ліній і погіршують зовнішній вигляд автомобіля. Лицьові деталі повинні мати достатню жорсткість, тобто мати мінімальні пружні деформації після штампування, зберігати форму і не допускати вібрацій під час експлуатації.

2. Лицьові деталі, поверхня яких фарбується в чорний матовий колір, що приховує дефекти: пороги, боковини, панелі задку, центральні стійки, рамки дверей.

3. Деталі інтер'єру салону: внутрішні панелі дверей, боковин, стійок тощо. Це деталі, видимі в салоні автомобіля і при відкриванні дверей. Вимоги, що висуваються до зовнішнього вигляду цих деталей, не такі жорсткі, як для лицьових деталей.

4. Деталі в моторному і багажному відсіках – внутрішні панелі капота і кришки багажника, лонжерони, брызговики тощо, деталі, видимі при відкриванні люка бензобака. До якості їхніх поверхонь не висуваються високі вимоги, допускаються недостатньо чіткі лінії і хвилястість.

5. Внутрішні деталі, невидимі в кузові – панелі передньої і задньої підлоги, лонжерони підлоги, підсилювачі, поперечки тощо. Допускається хвилястість, деформації, риси, в окремих випадках – гофри, якщо це не впливає на якість збірки і міцність кузова.

Класифікація деталей за технологічними ознаками.

Класифікація за технологічними ознаками відображає можливість отримання деталі за допомогою основної формотворчої операції – витяжки, під час якої плоска листова заготовка перетворюється на перехідну деталь, геометрія якої наближається до форми готової кузовної деталі. Перехідна деталь є напівфабрикатом, який називають *витяжним переходом*. Для отримання остаточної деталі витяжний перехід піддається додатковій обробці шляхом доробкових штампувальних операцій.

Основними технологічними ознаками, за якими зазвичай

проводять класифікацію деталей, є симетричність, глибина та її нерівномірність. Симетричність кузовних деталей важлива для визначення просторового положення деталі в процесі виконання основної формотворчої операції – витяжки. Положення деталі під час виконання операції витяжки зазвичай не збігається з її розташуванням у кузові або кабіні автомобіля, оскільки формоутворення під час витяжки кузовних деталей здійснюється інструментом, який переміщується вертикально. Тому, якщо деталь має стінки, то їхнє розташування під час витяжки має бути вертикальним або близьким до нього.

За ознакою симетричності деталі діляться на три групи.

Перша група – деталі, що мають дві площини симетрії і, як правило, вертикальні бічні стінки. До них належать корпус бензобака, панель задньої підлоги, дах тощо. Під час витяжки існує єдино можливе положення, за якого площини симетрії та бічні стінки збігаються з напрямком витяжки.

Друга група – деталі, що мають одну площину симетрії. Площина симетрії при цьому завжди займає вертикальне положення. Це зовнішні та внутрішні панелі капота і кришки багажника, панель передка тощо. Особливістю витяжних переходів цієї групи є можливість повороту їх у площині симетрії при виборі оптимального положення деталі в штампі.

Третя група – складні асиметричні деталі: передні крила легкових і вантажних автомобілів, задні крила легкових автомобілів, бризковики тощо. Пошук найбільш сприятливого положення під час витяжки здійснюють їх поворотом у двох взаємно перпендикулярних площинах.

За глибиною витяжки кузовні деталі поділяють на глибокі (понад 100 мм), середні (50–100 мм) і дрібні (до 50 мм).

Технологічну складність панелей оцінюють не тільки глибиною витяжки, а й перепадом глибини між перерізами. Рівномірність глибини можна оцінити укрупнено відношенням різниці глибини до довжини ділянки перепаду глибини (рис. 15.6, а).

$$N = \Delta H / L, \quad (15.1)$$

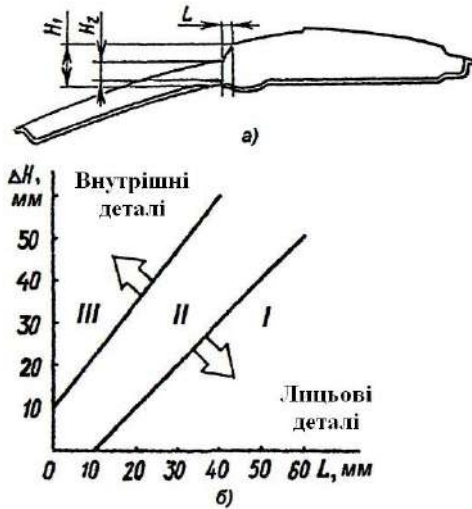
де N – нерівномірність глибини;

$\Delta H = H_1 - H_2$ – різниця глибини між перерізами;

L – довжина ділянки перепаду.

Залежно від нерівномірності глибини розрізняють деталі:

- рівномірної глибини (рис. 15.6, б, зона I); зазвичай під час штампування цих деталей не виникає серйозних проблем;
- середньої нерівномірності глибини (зона II), можлива поява хвилястості поверхні в місцях сполучення глибоких і дрібних зон;
- великої нерівномірності глибини (зона III), неминуча поява хвилястості поверхні, а нерідко і гофр.



а – перепади глибини внутрішньої панелі дверей;

б – оцінка нерівномірності глибини

Рисунок 15.6 – Нерівномірності глибини деталей

Лицьові деталі не повинні мати різких перепадів глибини, оскільки при цьому неможливо отримати якісну поверхню. Для отримання виробу високої якості із заданими технічними характеристиками і з мінімальними витратами необхідно забезпечити технологічність його конструкції. Для цього вже на етапі проектування виробу слід узгодити конструкторські ідеї з вимогами і можливостями виробництва. Під час відпрацювання технологічності конструкції визначаються оптимальні співвідношення елементів виробу, вид і механічні властивості вихідного матеріалу та інші

параметри. При цьому необхідно враховувати технологічні можливості та особливості штампувальних операцій, рівень технічної оснащеності та стан устаткування штампувального та інструментального виробництв, використовуваний матеріал для штампів. Усе це визначає поняття «технологічність виробу».

Стосовно кузовних штампованих деталей, основними критеріями їхньої технологічності можуть слугувати такі показники:

- можливість отримання деталі листовим штампуванням;
- кількість операцій, їх продуктивність і трудомісткість;
- витрата матеріалу;
- кількість і якість обладнання;
- кількість штампів;
- витрати і терміни на підготовку виробництва;
- стійкість штампів.

Одержати найкращі значення всіх показників неможливо внаслідок їхнього складного взаємозв'язку, оскільки, наприклад, зменшення кількості операцій може призвести до зниження стійкості штампів, а підвищення стійкості штампів – до збільшення витрат матеріалів.

Основним показником технологічності конструкції є найменша собівартість деталі. Здебільшого основним критерієм технологічності конструкції кузовних деталей є найбільш економне витрачання металу за найменшого числа операцій і мінімальної трудомісткості.

В умовах дрібносерійного виробництва вимоги до технологічності деталі можуть бути менш жорсткими, ніж у разі великосерійного і масового виробництва. При малому випуску деталей можна допустити деяке збільшення витрати металу, зниження стійкості штампів і продуктивності праці.

Розробляючи кузовну деталь, конструктор разом із технологом повинні провести опрацювання креслення на технологічність. У результаті вибирається найбільш раціональний варіант, що дає змогу створити технічно досконалий і економічно доцільний процес її виготовлення. Більша частина технологічних вимог до конструкції кузовних деталей зводиться до забезпечення можливості протікання основної формотворчої операції – витяжки.

Під час конструювання кузовних деталей необхідно передбачати наступне:

- мінімально можливу глибину формоутворення;

- максимально можливі радіуси сполучення вертикальних стінок деталі з дном і фланцями (рис. 15.7, радіуси $R_{\text{п}}$ і $R_{\text{м}}$);
- максимально можливі радіуси сполучення бічних стінок (переважно в кутах), що утворюють контур витяжного переходу деталі в плані (рис. 15.8);
- можливість об'єднання двох або декількох деталей в одну або поділу однієї деталі на кілька частин для отримання кращих умов формоутворення;
- надання окремим ділянкам деталі більш плавної форми заокругленням різких переходів і сполучень (рис. 15.9).



Рисунок 15.7 – Радіуси сполучень під час витяжки

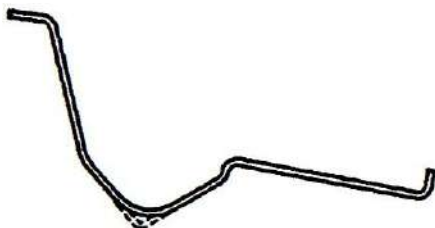


Рисунок 15.9 – Поперечний переріз панелі приладів легкового автомобіля з округленням різких сполучень

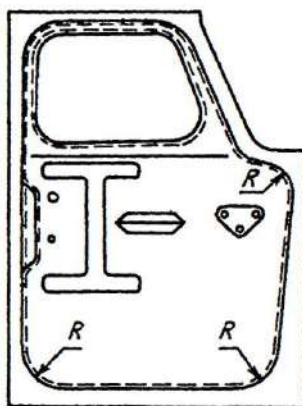


Рисунок 15.8 – Внутрішня панель дверей автомобіля з максимально можливими радіусами сполучення бічних стінок

Розміри отворів, пазів, перемичок та інших елементів, що виконуються із застосуванням розділових операцій, мають обмеження для забезпечення високої стійкості робочих частин штампів.

Нетехнологічна форма бортів і фланців кузовних деталей ускладнює їх отримання на зовнішніх криволінійних опуклих і увігнутих ділянках. Надлишок металу, що виникає під час виконання борта на опуклій ділянці, призводить до утворення складок (рис. 15.10, а), нестача металу на увігнутій ділянці – до утворення розривів (рис. 15.10, б).

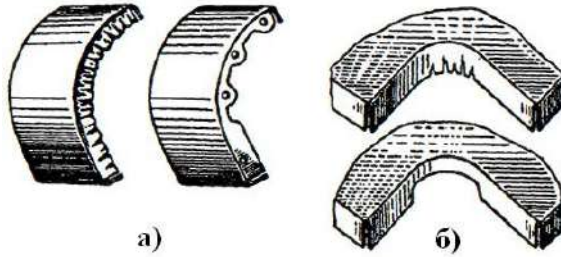


Рисунок 15.10 – Приклади конструктивних рішень, що забезпечують отримання якісних бортів і фланців

Важливим показником технологічності кузовної деталі є витрата листового металу. Після встановлення можливості отримання деталі витяжкою необхідно оцінити технологічність конструкції за витратою металу. Для цього визначають коефіцієнт використання металу, який дорівнює відношенню маси готової деталі до норми витрати листового металу на цю деталь.

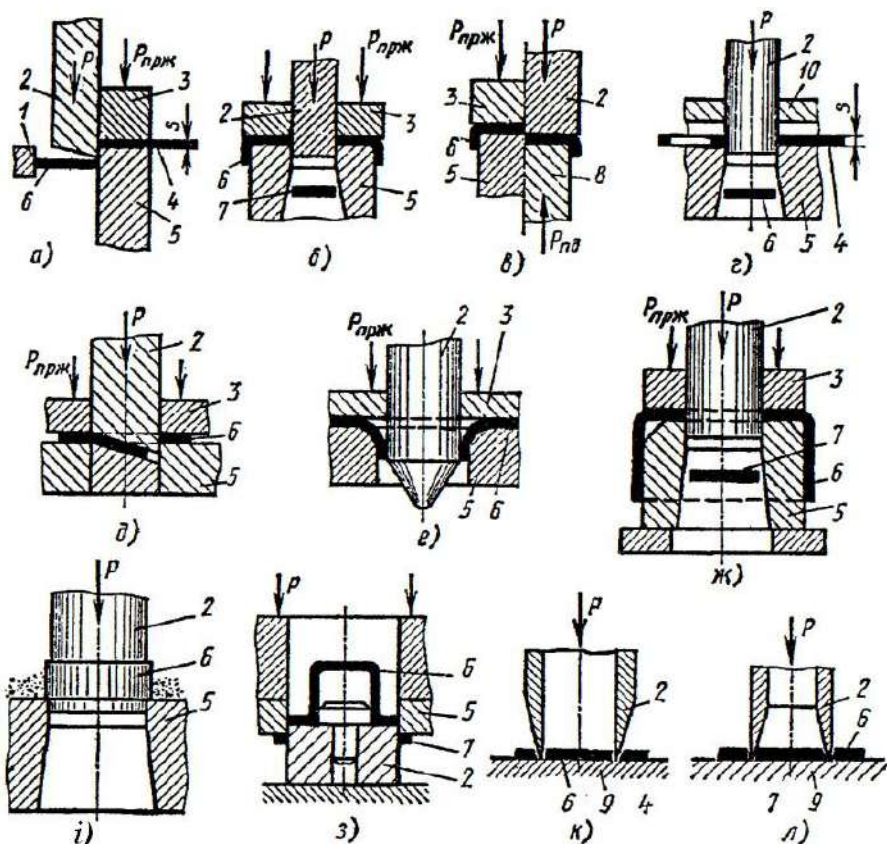
У низці випадків різні вимоги до технологічності конструкції можуть входити в протиріччя одна з одною. Наприклад, для досягнення сприятливих умов витяжки іноді значно збільшують витрату металу. У такому разі технолог повинен знайти оптимальне рішення, віддаючи перевагу найбільш важливим вимогам, що забезпечують стійкий технологічний процес виготовлення деталі з урахуванням економічного боку питання.

15.1.3 Основи розроблення технологічних процесів штампування

Кузовні деталі отримують за допомогою листового штампування, тобто обробкою тиском виробів із листового прокату. Визначення штампувальних операцій наведено в ГОСТ 18970–84. Відповідно до цього стандарту штампувальні операції поділяють на розділові та формозмінювальні.

До **розділових** операцій належать операції, за яких заготовка в процесі деформування доводиться до руйнування. До **формозмінювальних** операцій належать операції, за яких пластичне деформування заготовки не супроводжується руйнуванням.

Схеми основних розділових операцій показано на рис. 15.11.



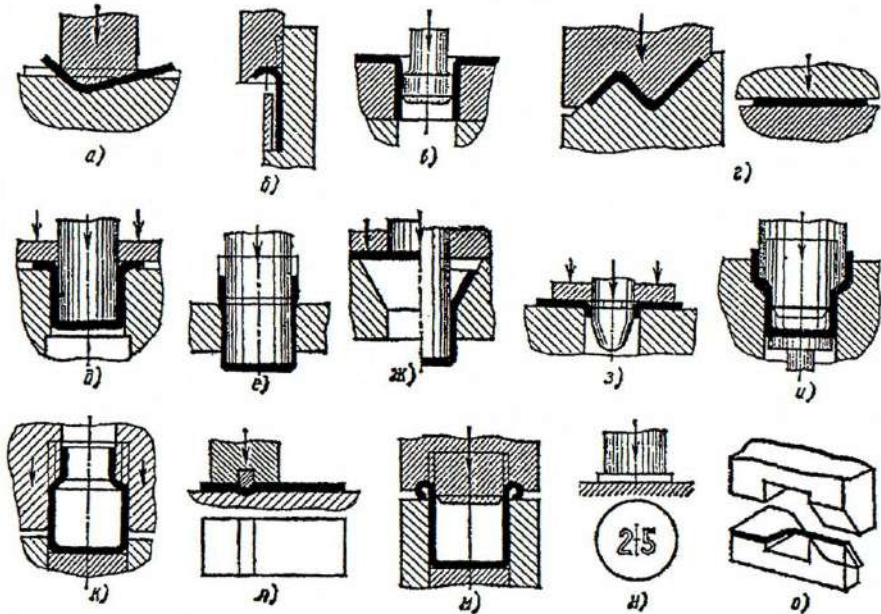
а – відрізка; б – розрізання з відходом; в – розрізання без відходу;
 г – вирубка; д – надрізання; е – проколювання; ж – пробивання;
 з – обрізання; і – зачищення; к – висікання; л – просікання;
 1 – упор; 2 – пуансон; 3 – притискання; 4 – вихідна заготовка;
 5 – матриця; 6 – заготовка; 7 – відхід; 8 – виштовхувач;
 9 – підкладна плита; 10 – знімач

Рисунок 15.11 – Схеми основних розподільчих операцій

Більшість розділових операцій листового штампування ґрунтується на зсуві однієї частини листа відносно іншої. Виняток становлять операції проколювання, зачищення, висікання і просікання. Схеми основних формотворчих операцій показано на рис.

15.12. Основними чинниками, що визначають технологію штампування автокузовної деталі, є:

- заданий обсяг виробництва;
- наявне обладнання;
- вимоги, що висуваються до деталі.



а – згинання; б – завивка; в – калібрування; г – виправлення;
 д – витягування; е – витягування з потоншенням; ж – комбіноване
 випинання; з – відбортовування; и – роздавання; к – обтискання;
 л – рельєфне формування; м – закатування;
 н – карбування; о – скручування

Рисунок 15.12 – Схеми основних формозмінювальних операцій

Заданим обсягом виробництва багато в чому визначається остаточний варіант розроблюваного технологічного процесу штампування. За малих обсягів виробництва доцільно до мінімуму скорочувати витрати на штампи шляхом значного їх спрощення. За допомогою штампів виконують тільки ті операції, які не можуть бути виконані за допомогою простішого технологічного оснащення.

Масове і великосерійне виробництво зумовлює необхідність максимального скорочення трудомісткості операцій. Це досягається застосуванням складних суміщених штампів, що дають змогу одночасно виконувати кілька технологічних операцій і використовувати під час штампування засоби механізації та автоматизації.

Найявне пресове обладнання істотно впливає на вибір технологічного процесу. Після аналізу основних характеристик пресового обладнання (номінальне зусилля, розміри штампового простору, величина ходу, можливість застосування засобів механізації та автоматизації тощо) підготовка виробництва може вестися або з розрахунком на наявні преси, або на нове обладнання.

Від вимог, що висувуються до кузовних деталей, також істотно залежить вибір остаточного варіанту технологічного процесу штампування. Основними з цих вимог зазвичай є висока якість поверхні деталей, точність розмірів, допустиме зменшення товщини листового матеріалу. Чим вищі вимоги, тим більшою мірою необхідний стабільний і надійний технологічний процес.

Для отримання деталей високої точності прагнуть виконати штампування з використанням мінімальної кількості штампового оснащення, оскільки під час багаторазового переставляння деталі зі штампа в штамп, накопичуються похибки і точність розмірів деталей знижується. Зменшення одиниць штампового оснащення можливе застосуванням складних штампів, у яких поєднуються кілька операцій.

Операції листового штампування, що застосовуються під час виготовлення кузовних деталей, поділяють на три групи: заготівельні, формоутворювальні та доробні.

До **заготівельних** належать операції, під час яких з вихідного рулонного або листового матеріалу отримують плоскі заготовки для подальшого штампування. До цих операцій належать відрізка і вирубка.

Формоутворювальні операції слугують для надання плоскій листовій заготівці просторової форми, близької до форми готового виробу. Основною формотворчою операцією під час виготовлення кузовних деталей є витяжка.

Витяжка – операція, під час якої з плоскої листової заготовки отримують порожнистий просторовий виріб (а частіше –

напівфабрикат) шляхом втягування пуансоном у порожнину матриці частини матеріалу, що міститься за контуром її прорізу, і розтягування іншої частини матеріалу, яка міститься всередині контуру.

Доробними операціями напівфабрикат доводиться до виробу. Під час цих операцій може проводитися як поділ матеріалу, так і додаткова формозміна окремих елементів деталі. До цих операцій належать обрізка технологічного припуску, пробивання отворів, розрізання, правка, фланцювання, формування тощо.

Розробка технологічного процесу штампування містить у собі такі етапи.

1. Визначення на основі аналізу конструкції деталі оптимальної послідовності операцій.
2. Визначення положення деталі під час проведення основної формотворчої операції і форми витяжного переходу.
3. Визначення форми і розмірів заготовки, виду вихідного матеріалу (лист, стрічка, рулон), найбільш економного розкрою його на заготовки, коефіцієнта використання матеріалу.
4. Визначення технологічних схем штампів для кожної операції з попереднім опрацюванням питань подачі і фіксації заготовки, знімання деталі, видалення відходів тощо.
5. Вибір технологічного обладнання (типи пресів, їхня технічна характеристика).
6. Нормування процесу з розрахунком основних і допоміжних часів виготовлення деталей і продуктивності обладнання.
7. Розрахунок витрат на обробку і собівартості деталі.

Для підготовки виробництва необхідно мати об'ємну модель кузовної деталі, що точно відтворює її поверхню з усіма наявними на ній виступами, отворами, вирізами та іншими конструктивними елементами.

Об'ємна модель деталі, виконана з твердого матеріалу в натуральну величину, називається **майстер-моделлю** – вона дає повне уявлення про форму деталі та взаємне сполучення поверхонь, що її утворюють (рис. 15.13). На майстер-моделі, так само як і на кресленні, можуть бути нанесені лінії координатної сітки. Її поверхня

служує еталоном для виготовлення штампів, контрольних і складальних пристосувань, а також для перевірки штампів під час експлуатації та їхнього ремонту, під час якого відбувається відновлення первісної форми зношених робочих поверхонь.

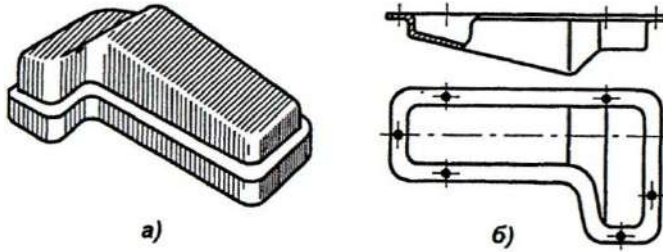


Рисунок 15.13 – Майстер–модель (а)
і креслення (б) кузовної деталі

При створенні нового автомобіля, виготовлення комплекту майстер–моделей кузовних деталей починають із деталей, що утворюють зовнішню поверхню кузова. Перед цим виконується макет зовнішньої поверхні кузова або кабіни автомобіля (рис. 15.14, 15.15).



Рисунок 15.14 – Розробка макету зовнішньої
поверхні кузова автомобіля Audi

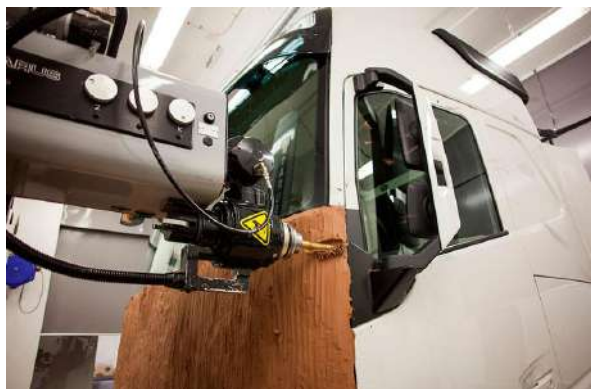


Рисунок 15.15 – Робота над макетом кабіни вантажівки Volvo

Для скорочення термінів підготовки виробництва широко використовують математичні моделі кузовних деталей, які створюють із застосуванням графічних комп'ютерних систем тривимірного моделювання, званих CAD–системами (рис. 15.16).



Рисунок 15.16 – Створення моделі кузовної деталі в CAD–системі

Математичні моделі поверхонь, створені за допомогою сучасних CAD–систем, дають змогу отримати повне уявлення про форму кузовної деталі. Оскільки в математичній моделі (CAD–моделі) закладена вичерпна інформація про координати будь–якої точки поверхні, її використовують для тих самих цілей, що й майстер–модель.

Однак навіть за наявності CAD–моделі кузовної деталі часто виникає потреба в моделі, виконаній із твердого матеріалу. Можливість швидкого виготовлення майстер–моделі дають методи швидкого прототипування, в тому числі – лазерна стереолітографія.

Застосування лазерної стереолітографії дає змогу скоротити терміни виготовлення моделей у десятки разів шляхом швидкого економічного перетворення результатів автоматизованого проектування в пластикову модель виробу. Як уже зазначалося раніше, найскладнішим завданням під час розроблення технологічного процесу штампування є побудова такої форми витяжного переходу,

що забезпечувала б надійне протікання операції витяжки. На рис. 15.17 показано витяжний перехід передньої частини даху кабіни вантажного автомобіля.

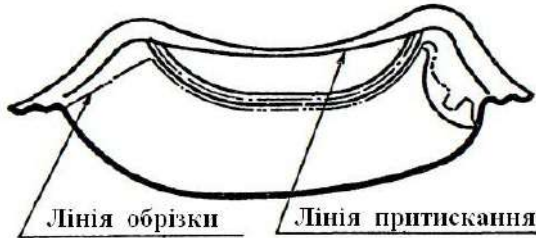


Рисунок 15.17 – Витяжний перехід передньої частини даху кабіни вантажного автомобіля

Під час розроблення витяжного переходу до контуру кузовної деталі (на рис. 15.17 – лінія обрізання) додається технологічний припуск, оскільки без цього під час витяжки неможливо отримати деталь високої якості. Форма кузовної деталі у витяжному переході також зазнає деяких змін. Процес проведення таких змін називається відпрацюванням форми деталі у витяжному переході.

Існують різні **способи розроблення витяжного переходу**.

1. Побудова витяжного переходу за гіпсовою моделлю матриці витяжного штамп. Гіпсову модель виконують у натуральну величину за майстер–моделлю. За гіпсовою моделлю вирішують усі технологічні завдання, пов'язані з формою витяжного переходу. На гіпсову модель наносять контурні лінії обрізки і відгинання фланців деталі (фланцювання). Відпрацьовану модель матриці використовують під час проектування витяжного штамп і штампів для доробних операцій, вона є також еталоном форми під час підготовки виробництва штампів.

2. Побудова витяжного переходу за зразком деталі, виготовленої за спрощеною технологією в експериментальному цеху. Цей спосіб застосовують у разі, коли до початку проектування штампів ще не виготовлені майстер–моделі.

3. Побудова витяжного переходу за кресленням деталі. Цей спосіб називають графічним і використовують його для відпрацювання витяжних переходів простих симетричних деталей.

4. Використання спеціальних комп'ютерних систем, що

передбачають можливість відпрацювання витяжного переходу на основі математичної моделі кузовної деталі. Користуючись просторовим зображенням деталі та її перерізами, технолог–оператор визначає оптимальне положення деталі під час штампування, буде технологічні припуски і виконує всі необхідні елементи відпрацювання форми деталі у витяжному переході.

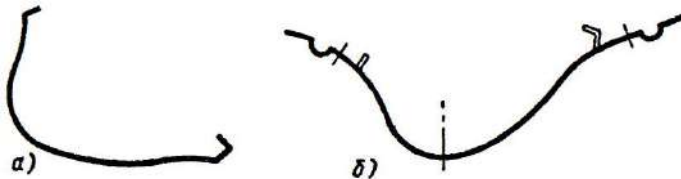
Визначення форми витяжного переходу для кузовних деталей проводять таким чином:

- вибирають спосіб розробки витяжного переходу;
- знаходять правильне положення деталі у витяжному штампі;
- вносять необхідні технологічні зміни у форму деталі у витяжному переході;
- визначають величину і розташування технологічних припусків;
- визначають необхідність технологічних вирізів і надрізів, їхнє число, місце розташування і розміри;
- відпрацьовують притискную поверхню витяжного переходу;
- вибирають форму, число і місце розташування перетяжних (гальмівних) елементів;
- вибирають спосіб фіксації витяжного переходу на наступних (добробних) операціях.

Розглянемо докладніше перераховані роботи.

Положення деталі у витяжному переході має істотне значення для забезпечення стійкого процесу витяжки.

Першою і головною вимогою має бути відсутність у витяжному переході місцевих піднутріль для того, щоб пуансон під час свого вертикального переміщення міг вільно входити в матрицю і виходити з неї. Усунення піднутріль проводиться поворотом деталі, як показано на рис. 15.18.



а – переріз деталі; б – переріз витяжного переходу

Рисунок 15.18 – Деталь, у якій піднутріння можна виключити розворотом

Другою вимогою до положення деталі у витяжному штампі є забезпечення такого положення, за якого глибина витяжки буде мінімальною і найбільш рівномірною на різних ділянках переходу.

Зі зменшенням глибини витяжки знижується можливість розриву металу під час витяжки, і процес стає більш стійким. Зменшити глибину витяжки можна здебільшого максимальним наближенням поверхні притискача до лінії обрізки деталі, при цьому необхідно зберегти плавність поверхні притискача.

Течія металу з-під притискача має бути приблизно однаковою для різних ділянок переходу. Цього домагаються, змінюючи положення деталі в штампі або конструкцію штампа.

Заготовка, покладена у витяжний штамп і притиснута притискним кільцем до поверхні матриці, в початковий момент витяжки має мати найбільшу поверхню зіткнення з пуансоном. Найкращим варіантом розташування деталі є такий, за якого нижня поверхня пуансона закінчується горизонтальним майданчиком. Що менша поверхня дотику, то більша ймовірність виникнення розривів і складок під час витяжки.

Під час визначення положення деталі в штампі, а також положення і форми притискної поверхні слід проаналізувати послідовність поступового формоутворення деталі, під час якого листова заготовка послідовно вступає в контакт з усе новими ділянками робочих поверхонь пуансона і матриці.

Необхідно встановити, на яких ділянках заготовка буде легше витягатися з-під притиску і на яких важче, де буде витягнуто більше металу і де менше, в якій послідовності заготовка буде обтягувати пуансон. При цьому треба прагнути до такого розташування деталі в штампі, щоб під час її витяжки на кожній ділянці прорізу матриці з-під притискача витягувалося стільки металу, скільки необхідно для обтяжки пуансона. Якщо на одній ділянці з-під притискача витягуватиметься менше металу, ніж потрібно, а на протилежній, навпаки, більше, то метал перетягуватиметься через гребінь пуансона, що знизить якість поверхні деталі і призведе до розриву металу.

Для установки кузовних деталей у штампі в положення, сприятливе для витяжки, їх повертають із положення, заданого кресленням, в одній або двох взаємно перпендикулярних площинах. Залежно від характеру повороту, деталі що розглядаються, занесені в ту чи іншу групу відповідно до класифікації.

Часто положення деталі у витяжному штампі визначається формою однієї з її ділянок, наприклад, прорізу вікна, стінки якого розташовані вертикально (рис. 15.19). Витяжка цієї деталі в іншому положенні неможлива.

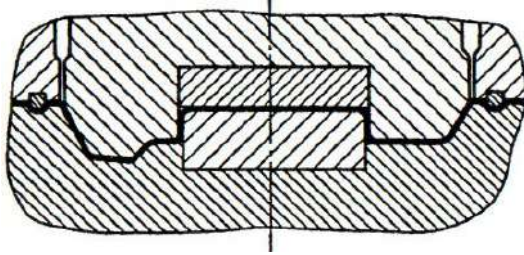


Рисунок 15.19 – Перетин витяжного штамп, в якому положення деталі визначається вертикальними стінками отвору

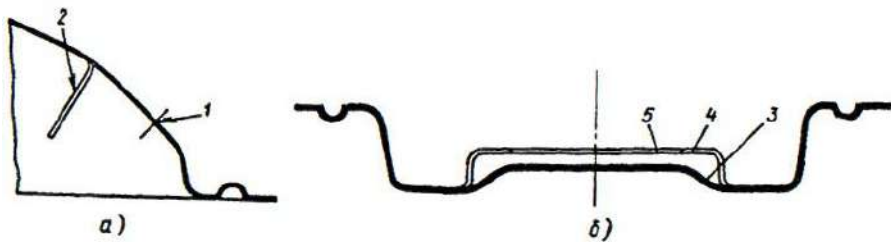
Положення деталі у витяжному штампі задають на кресленні переходу установчими і початковими розмірами. Установчі розміри визначають положення деталі в просторі щодо будь-якої горизонтальної площини. Початковими розмірами задається положення деталі щодо осевих ліній витяжного штамп.

Якщо форма деталі недостатньо технологічна для операції витяжки, то в неї вносять необхідні технологічні зміни, які потім усувають на доробних операціях.

Форма витяжного переходу повинна допускати всі наступні операції. Тому вже під час відпрацювання форми витяжного переходу повинна бути повна ясність про характер і послідовність усього технологічного процесу від витяжки до отримання закінченої деталі.

Для поліпшення технологічності витяжного переходу необхідно виконати наступне:

- привести різкі переходи у формі деталі до більш плавних і збільшити малі радіуси заокруглень;
- розгорнути підвнутрішні фланці до положень, за яких можливе їх попереднє формоутворення у витяжному переході (рис. 15.20, а);
- закрити у витяжному переході отвори вікон та інших отворів деталі, причому технологічні поверхні на цих ділянках повинні плавно переходити у форму основних поверхонь витяжного переходу (рис. 15.20, б).



- а – розворот підвнутрішнього фланця; б – закриття прорізів;
 1 – лінія обрізки; 2 – остаточне положення фланця;
 3 – витяжний перехід; 4 – остаточна форма деталі; 5 – вікно

Рисунок 15.20 – Варіанти поліпшення технологічності витяжного переходу

Витяжні переходи із зазначеними відступами від основних форм готових деталей доштамповують потім у формувальних, відбортовувальних, обрізних та інших штампах. Розробка технологічного процесу штампування кожної кузовної деталі викликає певні труднощі, пов'язані з ув'язкою форми витяжного переходу і можливістю виконання наступних доробних операцій.

Технологічність кузовних деталей погіршується за наявності у них різких виступів або перепадів, гострих, недостатньо заокруглених сполучень пересічних поверхонь. Часто в цих місцях під час витяжки відбуваються розриви металу. Для усунення причини виникнення розривів збільшують радіус заокруглення кромки пуансона. Зазвичай внутрішній радіус заокруглення в місцях відгинання фланців, полиць, а також на ділянках переходу від місцевих заглиблень (виштамповок) до основної поверхні деталі виконують не менше ніж 1–2 мм.

Для отримання якісної кузовної деталі треба правильно вибрати величину і розташування технологічних припусків. Вибір форми і розмірів технологічних припусків, що забезпечують нормальне формоутворення і мінімальну витрату металу, має першорядне значення під час розробки витяжного переходу.

Величина технологічних припусків залежить від форми притискної поверхні і перетяжних елементів, а на окремих ділянках витяжного переходу – від міцності ріжучої секції майбутнього обрізного штампа та обраного варіанту фіксації деталі в обрізному штампі.

На рис. 15.21 наведено три можливих варіанти технологічних припусків, у яких лінія обрізки проходить:

- а) по донній частині витяжного переходу;
- б) по поверхні бічних стінок;
- в) по фланцю.

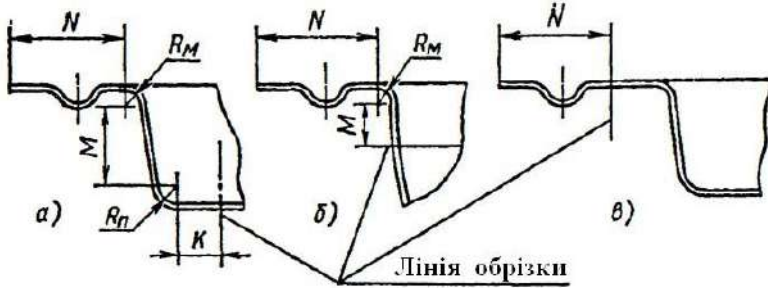


Рисунок 15.21 – Варіанти технологічних припусків

Довжина технологічного припуску складається з довжин таких елементів (рис. 15.21):

- пояса (розмір K), що є продовженням поверхні деталі й утворює окантовку;
- заокруглення (радіус R_p), утвореного на листовому металі округленою ділянкою витяжного пуансона;
- бічної стінки (розмір M);
- заокруглення (радіус R_m), утвореного на листовому металі округленою ділянкою витяжної матриці;
- фланця витяжного переходу (розмір N).

Довжина кожного з цих елементів не постійна, вона змінюється в деяких межах залежно від форми деталі. Пояс оберігає поверхню деталі від порушення форми внаслідок зміни (збільшення) радіуса заокруглення пуансона в процесі налагодження витяжного штампа, а також у разі зносу заокруглення. Розмір K визначається також міцністю деталей обрізного штампа і не повинен бути меншим за 5 мм. Радіус R_p має бути 3–10 мм.

Розмір бічної стінки витяжного переходу коливається від 10 до 20 мм і визначається такими чинниками:

- глибиною і формою штампованої деталі;
- фіксацією витяжного переходу в обрізному штампі;

- формою притискної поверхні;
- міцністю робочих частин обрізного штампа;
- необхідністю максимального збільшення обтягування пуансона заготовкою.

Бажано, щоб фланець витяжного переходу, а отже, і притискна поверхня витяжного штампа, були паралельні контуру обрізки. Однак часто, з огляду на умови побудови притискної поверхні, висота стінок різна і на окремих ділянках може бути більшою за зазначену величину.

Умови обтягування пуансона заготовкою залежать від форми штампованої деталі. Розглянемо два варіанти обтягування пуансона заготовкою. У першому випадку (рис. 15.22, а) обтягування пуансона триває до останнього моменту витяжки.

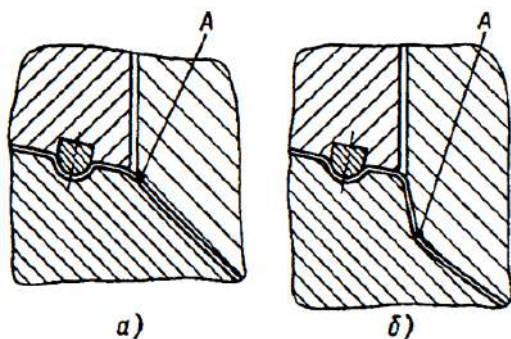


Рисунок 15.22 – Варіанти обтягування пуансона заготовкою у витяжному штампі за неправильно (а) і правильно (б) розробленого витяжного переходу

Пуансон торкається металу в крайній точці А наприкінці свого ходу вниз, при цьому велика небезпека утворення хвиль, які неможливо усунути на наступних операціях.

На рис. 15.22 (б), показано більш сприятливий випадок обтягування. Пуансон досягає металу в крайній точці А, а заготовка продовжує переміщатися вертикально. Наявність у витяжному переході вертикальної ділянки стінки гарантує повну обтяжку пуансона. У цьому разі усувається поява хвиль на поверхні деталі, що розташовується правіше точки А. Радіус заокруглення матриці вибирають залежно від глибини витяжки, а також від форми

перетяжних елементів. У разі застосування перетяжних ребер (рис. 15.21) приймають такі радіуси матриць:

а) для неглибоких і невеликих деталей – $R_m = (4 - 6) s$;

б) для великих і глибоких деталей – $R_m = (8 - 10) s$,

де s – товщина штампованого металу, мм.

У процесі налагодження нового витяжного штампа радіус заокруглення матриці коригують. Ширина фланця витяжного переходу N залежить від форми деталі та необхідної інтенсивності гальмування фланця заготовки під притиском, а також від прийнятої конструкції перетяжного елемента. Остаточний розмір фланця визначається тільки під час налагодження нового витяжного штампа.

Радіус пуансона R_p не повинен бути менше 3 мм на прямолінійних ділянках і 4 мм на кутових. Для полегшення видалення витяжного переходу з матриці технологічний припуск на ділянці M розташовують під кутом $6 - 12^\circ$ до вертикалі.

Технологічні надрізи і вирізи застосовуються для деталей з прорізами, що знаходяться всередині виштамповок. Якщо необхідну глибину виштамповки не вдається отримати шляхом місцевого розтягування листового металу, то безпосередньо під час формоутворювальної операції проводять надрізання металу, що знаходиться в зоні отвору (тобто йде у відхід).

Після виконання такого розвантажувального надрізу (рис. 15.23, а, б) формування стінки прорізу відбувається вже не шляхом розтягування, а шляхом втягування металу з боку надрізаної кромки. Тим самим усувається небезпека розривів на поверхні деталі.

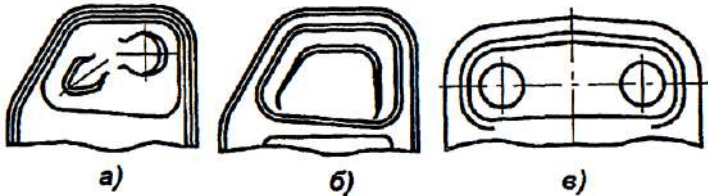


Рисунок 15.23 – Типові форми технологічних надрізів (а і б) і вирізів (в)

У разі невеликої загальної глибини витяжки деталі та відносно великої площі прорізу можуть застосовуватися технологічні вирізи, тобто попереднє пробивання в необхідних місцях плоскої заготовки

отворів (рис. 15.23, в), які слугують для того самого, що й надрізи.

Форму, розміри, розташування надрізів і вирізів, а також момент початку надрізання коригують під час налагодження формотворчого штампа. Під час визначення форми притискної поверхні витяжного переходу прагнуть максимально зменшити глибину витяжки і розміри технологічних припусків, забезпечити необхідний вигин заготовки під час затискання її притискним кільцем штампа і створити сприятливі умови для максимального обтягування пуансона заготовкою. Поверхня притиску має бути досить плавною, що допускає повне прилягання листової заготовки.

Необхідно прагнути до того, щоб заготовка після затиснення її притиском прийняла форму, якомога ближчу до форми робочої поверхні пуансона. Це забезпечить найбільшу площу зіткнення пуансона із заготовкою і поліпшить умови його обтягування.

Для створення сприятливих умов витяжки, форма поверхні притискача має бути такою, щоб у процесі деформації під притискним кільцем не утворювалися хвилі та складки, які можуть надалі перейти на поверхню деталі, що витягується.

Ця вимога виконується, якщо заготовка в процесі притискання згинається без розтягування і стиснення, тобто якщо притискна поверхня є розгортальною. Зазвичай під час проектування притискної поверхні застосовують плавно сполучені між собою ділянки плоских, циліндричних і конічних поверхонь (рис. 15.24).

На практиці не завжди можливо витримати ці умови, тому, щоб не допустити надмірної витрати металу і великого перепаду глибини витяжки, в ряді випадків допускаються складки і злами поверхні затиснутої притиском заготовки, якщо вони розправляються в процесі витяжки. Іноді для цього в конструкцію деталі вводять спеціальні технологічні елементи у вигляді заглиблень різної форми і розмірів.

Щоб зменшити глибину витяжки, часто окремі ділянки притискної поверхні розташовують із великим нахилом (рис. 15.25). Кут нахилу γ , який впливає на формування і на міцність притискного кільця, не повинен перевищувати 45° .

Розташування притискної поверхні щодо деталі визначається положенням її контуру (лінією обрізки) і можливістю забезпечення обрізки технологічного припуску. Під час витяжки складних кузовних деталей часто на притискній поверхні встановлюють перетягнуті елементи, що дають змогу регулювати інтенсивність течії металу

заготовки з–під притиску. Застосовують такі перетяжні елементи:

- напівкругле перетяжне ребро (рис. 15.26, а);
- прямокутне перетяжне ребро (рис. 15.26, б);
- перетяжний поріг (рис. 15.26, в).

Перетяжні ребра можуть встановлюватися як на матриці, так і на притиску витяжного штампа. Вони розташовуються на деякій відстані від контуру прорізу витяжної матриці в один або кілька (не більше трьох) рядів.

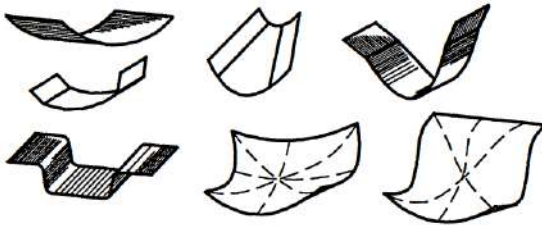
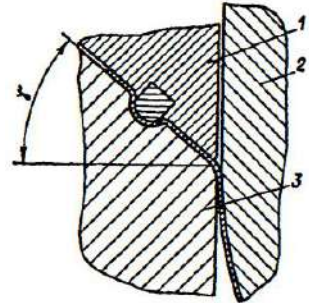
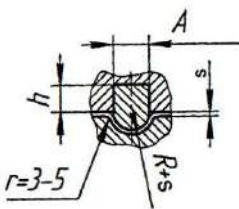


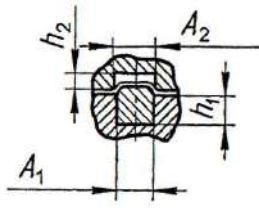
Рисунок 15.24 – Найпоширеніші форми притискної поверхні



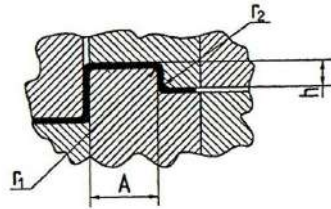
1 – притискне кільце;
2 – пуансон; 3 – матриця
Рисунок 15.25 – Ділянка притискної поверхні витяжного штампа



а)



б)



в)

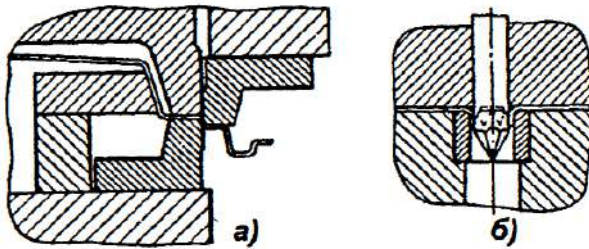
напівкругле (а) і прямокутне (б) перетяжні ребра; в – перетяжний поріг

Рисунок 15.26 – Перетяжні елементи

Перетяжні пороги встановлюють (або виконують) безпосередньо на контурі отвору матриці, внаслідок чого технологічні припуски зводять до мінімуму, чим досягають економії листового металу. Однак підвищена інтенсивність гальмування фланця, що

забезпечується ними, стримує їхнє застосування для витяжки глибоких деталей. Під час розроблення витяжного переходу має бути обраний спосіб фіксації його на наступних технологічних операціях. Спосіб фіксації пов'язаний з формою витяжного переходу і з конструкцією витяжного штампа.

Існують два принципово різних способи фіксації витяжного переходу. За першого способу використовують бічні стінки або окремі рельєфи витяжного переходу (рис. 15.27, а), за другого – спеціальні технологічні отвори, які отримують проколюванням або пробиванням на витяжній операції (рис. 15.27, б). Іноді замість отворів виконують технологічні пази.



а - за формою; б - проколюванням фіксаційних отворів
Рисунок 15.27 – Способи фіксації витяжного переходу

За зручністю і витратою часу на закладання і знімання витяжних переходів у штампи найкращим способом фіксації є перший. Його застосовують на механізованих і автоматичних лініях штампування. Більш точним способом фіксації є другий, за якого витяжний перехід надівається технологічними отворами на спеціальні фіксатори. Зазвичай у витяжному переході пробивають два фіксаційні отвори, розташовуючи їх якомога далі один від одного в тих місцях технологічного припуску, які обрізають на найпізніших операціях.

Під час розроблення технологічного процесу штампування поширеним технологічним прийомом є об'єднання двох кузовних деталей в одному витяжному переході. Таке об'єднання найдоцільніше для симетричних деталей кузовів і кабін (наприклад, ліва і права панелі дверей тощо). При цьому знижується витрата листового металу, збільшується продуктивність, зменшується кількість штампів, вивільняється пресове обладнання, скорочується кількість

працівників. Найбільш ефективне технологічне об'єднання в тому випадку, коли остаточний поділ деталей відбувається на останній штампувальній операції. Широке використання цього технологічного прийому зумовлене тим, що в кузовах і кабінах автомобілів багато симетричних деталей.

Після відпрацювання витяжного переходу визначається форма і розміри плоскої листової заготовки для витяжки.

У більшості випадків виробництва кузовних деталей особливих вимог до точності дотримання розмірів заготовки для витяжки не пред'являється. В основу розрахунку форми і розмірів заготовки покладено рівність площ поверхні заготовки і витяжного переходу.

Орієнтовно, **розміри заготовки для витяжки кузовної деталі визначають таким чином:**

- умовно вважають, що заготовка являє собою прямокутник;
- нехтують можливим збільшенням поверхні заготовки під час витяжки через місцеве стоншення або розтягнення металу;
- за кресленням деталі знаходять довжину утворюючої її найбільшого поздовжнього перерізу (інколи її визначають за елементами кількох перерізів), так само визначають ширину прямокутної заготовки за довжиною розгортки поперечного перерізу;
- до довжин розгорток перерізів деталі додають орієнтовні значення технологічних припусків.

Орієнтовні розміри фігурної заготовки можна визначити за розмірами низки поздовжніх і поперечних перерізів з урахуванням необхідних технологічних припусків. Потім, як і в першому випадку, форма і розміри заготовки піддаються уточненню під час налагодження нового витяжного штампа. Тільки після затвердження контуру заготовки створюється шаблон для виготовлення вирубного штампа або установки ножів, що обрізають кути заготовки у витяжному штампі.

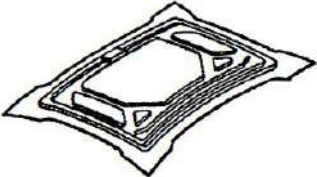
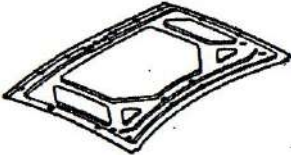
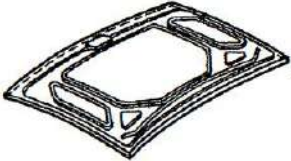
Під час визначення форми і розмірів заготовки необхідно попередньо опрацювати питання, що стосуються виду вихідного матеріалу (лист, рулон), оптимального його розкрою на заготовки, коефіцієнта використання матеріалу.


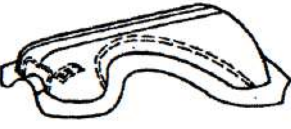


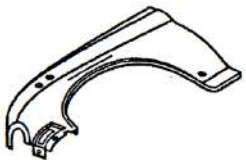

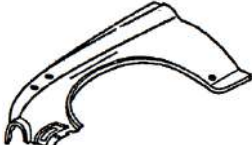
Після цього визначають технологічні схеми штампів, обирають технологічне обладнання і **видають завдання на проектування технологічного оснащення.**

15.1.4 Технологія штампування і застосоване штампувальне оснащення

Процес виготовлення складної кузовної деталі може містити до 10 штампувальних операцій. Процес штампування починається з отримання заготовки, потім заготовка піддається основній формотворчій операції – витяжці, під час якої деталі надається форма, близька до форми готового виробу. Далі виконуються доробні операції. Приклади технологічних процесів виготовлення деяких кузовних деталей наведено в табл. 15.1.

Таблиця 15.1 – Технологічні процеси виготовлення кузовних деталей

Опис операцій	Ескіз деталі після операції
Внутрішня панель капота	
Вирубка заготовки	
Витяжка	
Обрізка деталі за контуром, пробивання отворів	
Попереднє фланцювання передньої сторони, фланцювання задньої і бічних сторін деталі	
Пробивання фасонного отвору, пазів у передній частині деталі та інших отворів	

<p>Остаточне фланцювання передньої сторони деталі</p>	
<p>Переднє крило легкового автомобіля</p>	
<p>Витяжка</p>	
<p>Обрізка по контуру і пробивання отворів</p>	
<p>Фланцювання зовнішніх крайок, виправлення ділянок для фари і підфарника</p>	
<p>Пробивання прорізів фари, підфарника і пробивання отворів</p>	
<p>Фланцювання верхньої кромки і переднього язичка, остаточна правка зони підфарника</p>	
<p>Правка фланців прорізу арки колеса і фари, фланцювання задньої кромки</p>	

Розглянемо основні схеми штампового оснащення, що застосовуються для виконання заготівельних, формотворчих і доробних операцій.

Отримання прямокутних заготовок для витяжки, як правило, не вимагає спеціального оснащення. Їх отримують відрізанням від листа або рулону на спеціальних ножицях. За необхідності використовують штампи для вирубки.

Формоутворення складних кузовних деталей здійснюється на витяжних штампах. Типова конструкція витяжного штампа, що встановлюється на прес подвійної дії, показана на рис. 15.28.

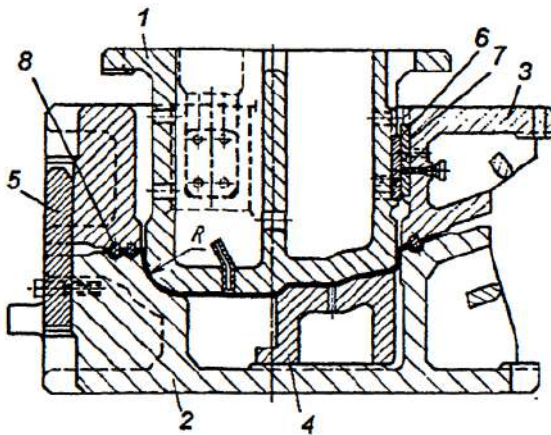


Рисунок 15.28 – Типова конструкція витяжного штампа подвійної дії

Основними деталями штампа є пуансон 1, матриця 2 і притиск (кільце) 3. Матриця 2 нерухомо закріплюється на столі преса. Пуансон 1 і притиск 3 кріпляться відповідно до внутрішнього і зовнішнього повзунів преса, які мають можливість вертикального зворотно-поступального переміщення. Таким чином, пуансон і притиск під час роботи штампа також переміщуються вертикально.

Великогабаритні робочі частини (пуансон, матриця, притиск) витяжних штамсів здебільшого отримують литтям з чавуну марок не нижче СЧ25 або з чавуну спеціальної модифікації. В особливих випадках для цих деталей застосовують сталеве лиття. Матриця витяжного штампа може бути виконана як суцільною, так і

складеною, з використанням вкладки 4. Використання вкладок для матриць, що мають глибоку порожнину і складну форму робочої поверхні, підвищує технологічність їх виготовлення і знижує трудомісткість. Точне центрування пуансона щодо матриці під час штампування забезпечується напрямними елементами штампа.

Притиск щодо матриці центрується напрямними призмами 5, що кріпляться на матриці та входять у відповідні пази притискача. Своєю чергою пуансон відносно притискного кільця центрується за допомогою закріплених на них напрямних планок 6 і 7. Для підвищення інтенсивності гальмування фланця заготовки на притискному кільці встановлюють перетяжні ребра 8, а на притискній поверхні матриці виконують відповідні канавки.

У процесі роботи плоска листова заготовка укладається на притискну поверхню матриці і фіксується на ній у заданому положенні. Під час укладання заготовки пуансон і притиск підняті повзунами преса над матрицею. Потім відбувається опускання притискача і периферійна частина заготовки виявляється затиснутою між притиском і матрицею.

Після цього опускається пуансон, і його робоча поверхня надає центральній частині листової заготовки необхідну форму. У процесі формоутворення затиснутий фланець заготовки витягується із зазору між притиском і матрицею, забезпечуючи надходження додаткового матеріалу в порожнину матриці.

Остаточне формоутворення відбувається, коли пуансон досягає крайнього нижнього положення. Потім пуансон і притиск піднімаються вгору, і відштампований витяжний перехід витягується зі штампа.

Нескладні кузовні деталі можна отримувати витяжкою в штампах, що встановлюються на преси простої дії (з одним повзуном). Верхня (рухома) частина такого штампа складається з матриці і верхньої плити, що кріпиться до повзуна преса. Пуансон і притиск розташовуються на нижній плиті.

Притиск встановлюється з можливістю вертикального переміщення, що забезпечує постійне притиснення фланця штампованої заготовки. Зусилля притиснення забезпечується спеціальним буфером, розташованим у нижній частині преса.

Низку простих деталей кузова можна виготовляти за допомогою операцій згинання і формування, з використанням відповідного

штампового оснащення.

Штампи доробних операцій (рис. 15.29) служать для остаточного доведення кузовних деталей. Складність штампів залежить від форми і розмірів кузовних деталей. В умовах великосерійного і масового виробництва часто в одному штампі поєднують кілька операцій, оскільки це забезпечує зменшення трудомісткості та зниження одиниць штампового оснащення і застосованого пресового обладнання.



Рисунок 15.29 – Штампове оснащення для кузовних деталей

Найчастіше після витяжки проводять обрізку технологічного припуску. Лінія обрізки, як правило, являє собою складну просторову лінію. Це значно ускладнює конструкцію обрізних штампів і нерідко призводить до необхідності виконувати обрізку в два або навіть у кілька прийомів.

При обрізанні в кілька прийомів підвищується трудомісткість

виготовлення, а головне, знижується точність і якість штампованої деталі. Це пов'язано з тим, що жорсткість кузовної деталі значно знижується після обрізки, частково відновлюючись тільки після операції відгину фланців (фланцювання), яка зазвичай проводиться на завершальній стадії технологічного процесу. Кузовна деталь, що втратила жорсткість після обрізки, може внаслідок пружинення змінювати свою форму, і її важко зафіксувати під час виконання наступних операцій. Деталь може також втратити форму і змінити розміри під час міжопераційного транспортування. Отже, що менше обрізних операцій, то вища якість штампованої деталі.

У разі, якщо частина лінії обрізки розташована на вертикальній або похилій стінці деталі, застосовують складні клинові штампи. У цих штампах обрізні секції розташовані на рухомих повзунках, які приводять у дію клинами, що вертикально переміщуються, закріпленими на верхній частині штампа. Клиновий механізм перетворює вертикальне переміщення повзуна преса в горизонтальне або похиле переміщення обрізних секцій штампа. Так само можуть приводитися і пуанسونи для пробивання отворів у вертикальних і похилих стінках деталей.

Контур обрізки кузовних деталей, як правило, не можна розрахувати точно, тому його знаходять дослідним шляхом до виготовлення обрізних штамів. Деталь обрізають вручну після орієнтовного розрахунку і перевіряють правильність контуру обрізки під час налагодження штамів наступних доробних операцій. Тільки після того, як буде відпрацьовано контур обрізки і створено еталон деталі з цим контуром, приступають до остаточного виготовлення обрізного штампа.

У штампах для правки здійснюється надання кузовним деталям найбільш стійкої форми і максимальне наближення їх до креслення. Необхідність операції правки часто зумовлена тим, що під час проектування витяжного переходу в його конструкцію порівняно з кресленням деталі вводять зміни, наприклад, збільшують радіуси заокруглень.

У цьому випадку операцію правки здійснюють безпосередньо після витяжки. Найскладніше визначити необхідність застосування і місце розташування операції правки в технологічному процесі в разі, якщо правка має бути застосована для усунення відхилень форми деталі внаслідок пружинення та інших дефектів, що виникають під час

штампування.

Практично всі кузовні деталі мають фланці, розташовані по периметру деталі або по контуру прорізів. Фланці служать для збільшення жорсткості деталі і для з'єднання її в кузові з іншими деталями (переважно, за допомогою контактного точкового зварювання).

Отримати готові фланці в процесі операції витяжки, як правило, неможливо, тому в технологічний процес вводять операцію отримання фланців – фланцювання. Лінії фланцювання (тобто лінії перетину фланця з поверхнею деталі) мають таку ж складну форму, як і лінії обрізки. Для одночасного відгинання фланців складної кузовної деталі потрібен рух робочих частин штампа в різних напрямках, тому в штампах для фланцювання також широко застосовується клиновий привід.

15.1.5 Обладнання, засоби механізації та автоматизації

У цехах штампування кузовних деталей у великосерійному і масовому виробництві як основне технологічне устаткування застосовують кривошипні механічні преси простої, подвійної і потрійної дії, багатопозиційні преси–автомати, а також комплексно механізовані та автоматичні лінії на базі цих пресів.

Листоштампувальні преси простої дії призначені для виконання доробних операцій (обрізка, пробивання, правка, фланцювання тощо), а також для витяжки нескладних деталей.

Сучасні листоштампувальні преси оснащуються різними додатковими механізмами, покликаними підвищити надійність і продуктивність машини та забезпечити якість деталей, які виготовляються. До таких пристроїв і механізмів належать:

- верхні пневматичні виштовхувачі, що забезпечують видалення відштампованої деталі з верхньої частини штампа;
- приводний механізм регулювання закритої висоти, тобто відстані від верхньої площини столу преса до нижньої площини повзуна, який перебуває в крайньому нижньому положенні; зміна закритої висоти дає можливість встановлювати на прес штампи з різними габаритними розмірами за висотою;
- гідропневматичні подушки, що слугують для забезпечення

- зусилля виштовхування деталі з нижньої частини штампа, а також притискання фланця деталі під час витяжки;
- врівноважувачі, що встановлюються для усунення або зниження ударних навантажень у шарнірних зчленуваннях головного виконавчого механізму преса завдяки односторонній вибірці зазорів;
 - приводний висувний стіл, що дає змогу підвищити зручність і скоротити час встановлення штампів на прес;
 - швидкодіючі захвати для швидкого кріплення верхньої частини штампа до повзуна преса.

Крім того, листоштампувальний прес може бути оснащений запобіжником за зусиллям, гальмом маховика, покажчиками величини зусилля, навісними пультами управління тощо.

Станина преса виконується зварною. Вона складається з нижньої траверси (основи), стійок і верхньої траверси, які стягуються чотирма стяжними шпильками.

Преси з подібною конструкцією станини, у яких штамповий простір відкритий тільки з двох боків, називаються закритими (у відкритих пресів доступ до штампового простору є з трьох боків). Закриті преси простої дії виготовляють в одно-, дво- і чотирикривошипному виконанні.

Зазвичай ці преси мають простий кривошипно-повзунний головний виконавчий механізм. Кількість точок підвісу повзуна залежить від розмірів штампового простору (габаритів повзуна) і технологічного призначення преса.

Для витяжки складних деталей значної глибини застосовують механічні преси подвійної дії, оснащені двома повзунами. Відповідно до свого технологічного призначення повзуни розташовуються один усередині іншого, причому внутрішній повзун служить для кріплення пуансона витяжного штампа (рис. 15.28), а зовнішній – притискного кільця.

Великий листоштампувальний прес подвійної дії зі встановленим на ньому штампом для витяжки показаний на рис. 15.30. Для штампування особливо складних кузовних деталей застосовують преси потрійної дії, що являють собою прес подвійної дії, доповнений третім (нижнім) повзуном. Додатковий повзун встановлюється в столі преса і рухається під час штампування назустріч верхнім повзунам.



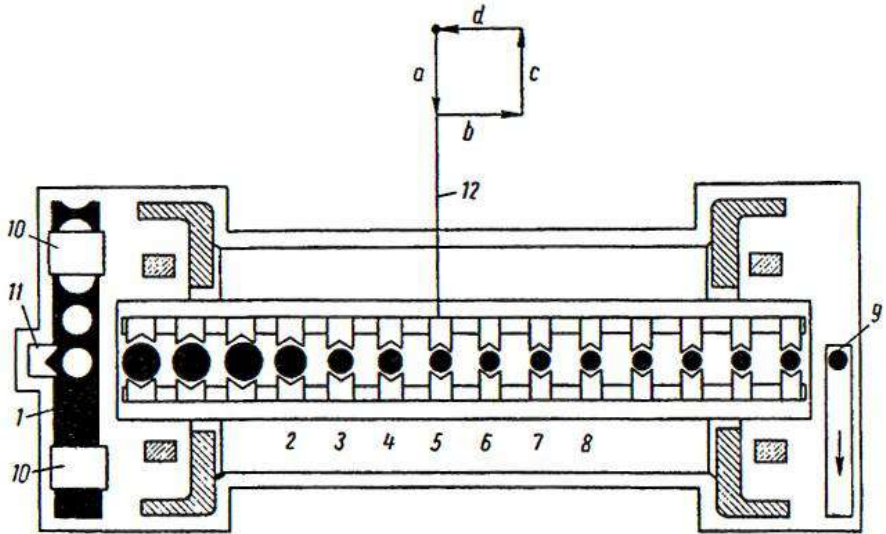
Рисунок 15.30 – Листоштампувальний прес подвійної дії

З його допомогою на кузовній деталі можна виконати заглиблення (виштамповки) в напрямку, зворотному напрямку витяжки верхнім внутрішнім повзуном.

Багатопозиційні преси-автомати мають найширші технологічні можливості і забезпечують виконання повного циклу виготовлення складних за формою виробів, починаючи від найдрібніших і закінчуючи великогабаритними кузовними деталями. У робочому просторі преса-автомата одночасно на декількох позиціях встановлюються штампи, що забезпечують виконання всіх операцій

технологічного процесу. Заготовка для штампування відділяється від стрічки (або смуги) на першій позиції штампування, або ж вирубується попередньо на іншому пресі.

Цю заготовку потім послідовно переміщують по позиціях обробки зі штампа в штамп за допомогою автоматичного транспортувального механізму, який називається грейфером. Схему цього процесу (вид зверху) наочно зображено на рис. 15.31.



- 1 – операція вирубки заготовки; 2–8 – операції формоутворення виробу;
- 9 – скидання готового виробу; 10 – валкове подавання для стрічки;
- 11 – механізм подавання заготовок до грейфера; 12 – грейфер;
- a – зближення захватів грейфера; b – перенесення виробу на наступну позицію оброблення; c – розтиснення захватів грейфера;
- d – повернення грейфера у вихідне положення

Рисунок 15.31 – Схема роботи транспортувального (грейферного) механізму багатопозиційного преса-автомата

Залежно від способу отримання вихідних заготовок, під час роботи преса можуть використовуватися валкові подавання стрічки, або механізми для живлення преса штучними заготовками.

Усі пристрої, що забезпечують автоматичний режим штампування, мають бути синхронізовані з ходом повзуна преса.

Передача руху лінійкам і захватами грейфера здійснюється переважно за допомогою різних механізмів від основного приводу преса. Однак у великих багатопозиційних пресів–автоматів для передачі руху грейферу необхідні значні зусилля, і механізм приводу грейфера виходить складним і громіздким. Крім того, у швидкохідних пресах–автоматах даються взнаки інерційні сили, що призводять до порушення точності роботи механізму грейфера і швидкого зносу.

З цих причин у великих багатопозиційних пресах часто застосовується незалежний привід грейферного механізму. Незалежний привід може бути як електричним з реверсивними електродвигунами, здатними змінювати величину крутного моменту і кількість обертів у різні періоди циклу, керованими кінцевими вмикачами, що працюють за електричною схемою з амплітудним регулюванням, так і гідравлічним.

Схема роботи грейферів, які використовуються під час штампування кузовних деталей, може бути двокоординатною, що забезпечує переміщення деталі, що штампується, в одній (горизонтальній) площині (рис. 15.31), і трикоординатною, в якій, окрім горизонтального переміщення, забезпечується також підймання й опускання лінійок і захватів грейфера разом зі деталлю, що штампується.

Для штампування середніх і великих кузовних деталей застосовують блочно–секційні багатопозиційні преси–автомати (рис. 15.32), у яких окремі секції мають незалежні повзуни. У перших секціях виконуються зазвичай заготівельні та формотворчі операції, в останній, з використанням одного повзуна, виконуються всі доробні операції.

Застосування багатопозиційних пресів дає змогу підвищити продуктивність праці, оскільки один подібний прес дає змогу замінити собою цілу лінію пресів звичайного типу. При цьому скорочується потреба у виробничих площах, знижується витрата електроенергії, стисненого повітря та інших енергоносіїв. Однак до теперішнього часу преси–автомати для виготовлення великих кузовних деталей використовуються недостатньо широко.

Найбільш поширене штампування деталей кузовів і кабін на механізованих, автоматизованих і автоматичних лініях пресів. Головним пресом лінії є зазвичай прес подвійної або потрійної дії, далі розташовуються кілька пресів простої дії.



Рисунок 15.32 – Блочно–секційний багатопозиційний прес–автомат і технологічні переходи штампованих на ньому деталей

На механізованих лініях, як правило, механізується укладання заготовок у витяжний штамп за допомогою листоукладача, обладнаного підйимальною гідравлічною платформою; знімання деталей зі штампів за допомогою вбудованих у нього механізмів або механічних рук, що навішуються на прес; передавання деталей від преса до преса за допомогою конвеєрів; збирання відходів за допомогою спеціальних лотків, по яких відходи переміщують у

приймальні люки системи збирання відходів. На автоматизованих поточкових лініях вручну виконуються лише деякі операції, наприклад, подача заготовок у листоукладач, навішування відштампованих деталей на підвісний конвеєр; інші операції виконуються автоматично.

На автоматичній поточковій лінії всі операції виконуються без участі робітника. Листоукладачі, що застосовуються в механізованих лініях, зазвичай вимагають присутності робітника, який відокремлює верхній аркуш від стопи заготовок і переміщує його на листоукладач. Подальше переміщення заготовки й укладання її в штамп здійснюється листоукладачем.

Знімання деталі зі штампа з використанням механічної руки проводиться в такій послідовності:

1. захват відштампованої деталі за фланець;
2. підйом деталі на необхідну висоту з тим, щоб вона могла вільно переміщатися в розкритому штампі;
3. винесення деталі за межі штампа;
4. скидання деталі на конвеєр.

Найбільшого поширення набули вертикальні механічні руки, що використовуються для знімання деталей значної жорсткості (наприклад, напівфабрикатів після операції витяжки). Їх встановлюють на преси за допомогою каретки, по якій вони можуть бути відведені вбік під час переналагодження преса на штампування нової деталі, або на спеціальному кронштейні.

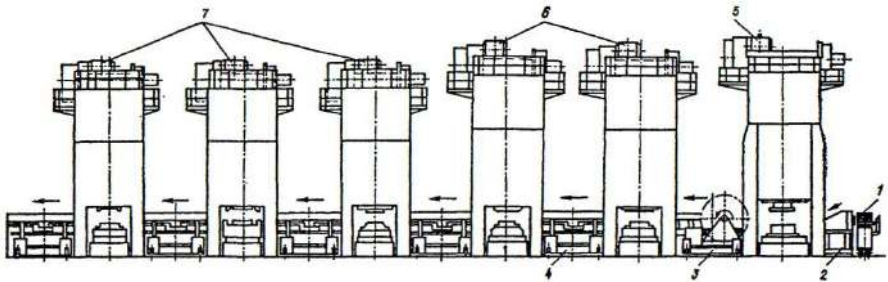
Для міжопераційного транспортування деталей, а також транспортування від останньої операції до місця складування на лінії застосовують конвеєри. Залежно від розмірів деталей, типів пресів і їх взаємного розташування конвеєри мають різні розміри.

Конструкція конвеєра дає змогу змінювати його висоту і кут нахилу (залежно від висоти приймання і подачі деталей у штамп). Якщо деталь своєчасно не знята з конвеєра, то вона натискає на прапорець вузла кінцевого вимикача і конвеєр зупиняється. Спеціальна педаль, підключена до електросхеми, дає змогу здійснити пуск або зупинку конвеєра ногою.

На лініях, де витягну операцію виконують на пресі подвійної або потрійної дії, деталь після витяжки необхідно не тільки перемістити до преса для першої дороблювальної операції, а й перевернути її на 180° у вертикальній площині в положення, за якого

здійснюють цю та наступні операції. У цьому випадку застосовують комбіновані транспортувальні пристрої – конвеєри–кантувальники.

Автоматизовані й автоматичні лінії штампування великих і середніх кузовних деталей широко поширені на сучасних автомобільних підприємствах. Приклад автоматизованої лінії штампування кузовної деталі наведено на рис. 15.33.



- 1 – розкладальник листів; 2 – листоукладач; 3 – передавальний пристрій із кантувальником; 4 – передавальні пристрої;
- 5 – прес подвійної дії зусиллям 5/4 МН (500/400 тс);
- 6 – преси простої дії зусиллям 8 МН (800 тс);
- 7 – преси простої дії зусиллям 4 МН (500 тс)

Рисунок 15.33 – Автоматична лінія штампування панелей дверей

До складу такої лінії поряд із пресами входять такі пристрої:

- листоукладач, що встановлюється перед першим пресом лінії;
- кантувач, що встановлюється після головного преса подвійної або потрійної дії;
- механізми для знімання витягнутої деталі зі штампа для першої операції і передавання її в кантувач, а також для захвату деталі після її повороту кантувачем і укладання в штамп для наступної операції;
- передавальні механізми для знімання деталі зі штампа, передавання її до преса наступної операції й укладання в штамп.

В якості передавальних механізмів, перерахованих у пунктах 3, 4, часто використовуються грейфери, аналогічні за принципом дії тим, що застосовуються в багатопозиційних пресах–автоматах.

На автоматизованій лінії, представлений на рис. 15.33, працюють два оператори: один на подачі заготовок у листоукладач, інший – на зніманні готових деталей і навішуванні їх на підвісний конвеєр.

Поряд з листоукладачами, що обслуговуються оператором, застосовуються і повністю автоматичні пристрої для подачі листових заготовок у витяжний штамп. Листоукладач (рис. 15.34) виконаний у вигляді звареної конструкції 1, що має можливість переміщення за допомогою коліс 2 для встановлення в потрібному місці.

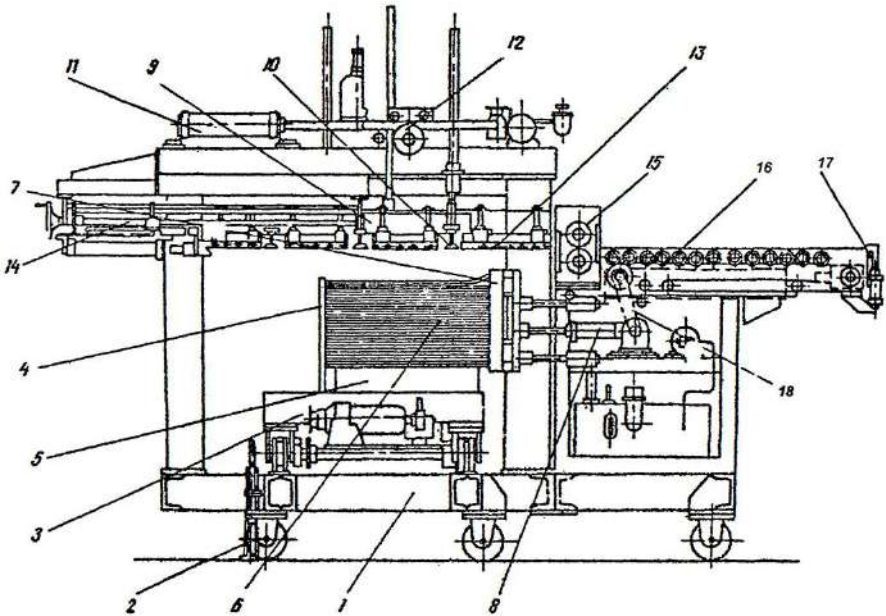


Рисунок 15.34 – Листоукладач

На пересувному візку 3 є дві позиції з регульованою системою фіксаторів 5 для касет 4 із заготовками 6. На робочій позиції до стопи 6 заготовок підводять контакти 7 магнітного розпушувача на постійних магнітах, що слугує для полегшення відокремлення заготовки від стопи. Привід контактів здійснюється пневмоциліндром 8. Траверса 9 з вакуумними присмоктувачами 10 опускається на стопу пневмоциліндром 11 за допомогою рейково-шестеренної передачі 12. Захоплена верхня заготовка утримується неприводним магнітним рольгангом 13, по якому штовхачем 14 вона переміщається в зону

валків 15, що змащують, проходячи по дорозі механізм для контролю кількості заготовок, що подаються (на рис. 15.34 не показаний).

Далі заготовка надходить на приводний рольганг 16, перший і останній ролики якого є магнітними. Цей рольганг доводить заготовку до переднього упору 17 з пневмоприводом. При надходженні від преса команди на завантаження упор 17 опускається, заготовка лягає на магнітний ролик і переміщується ним на завантажувальну позицію преса, звідки забирається грейферною подачею в циклі роботи преса. Привід рольганга 16 і змащувальних валків 15 – електромеханічний, здійснюваний через ланцюгову передачу 18.

Передавальні пристрої грейферного типу встановлюються між пресами і використовуються для видалення деталі зі штампа попереднього преса, міжопераційного її транспортування і завантаження в штамп наступного преса. Зазвичай такі пристрої мають три системи лінійок: підйомні, розвантажувальні та завантажувальні. Під час роботи грейфера деталі піднімаються в штампах підйомниками на висоту, достатню для проходження під ними розвантажувальних і завантажувальних лінійок.

Грейфери такого типу можна оснащувати кантувальником, що повертає деталь на 180° у вертикальній площині під час її транспортування між витяжним і наступним пресами лінії.

На рис. 15.35 показано схему роботи такого механізму, з якої зрозуміла послідовність дії лінійок, підйомачів, кантувальника і повзунів пресів. Привід кантувача здійснюється від загального електродвигуна через редуктор періодичного обертання, в якому використано механізм Фергюсона.

У деяких випадках розвантажувальні лінійки роблять укороченими і на них ставлять кліщові захвати з пневмоприводом (на кшталт тих, що використовуються в механічних руках), які захоплюють деталь за її кромку. При цьому підйомник у витяжному штампі може мати значно менший хід. На час зміни штампів весь механізм може бути легко вилучено з міжпресової зони.

Грейфери такого типу рекомендується застосовувати під час автоматизації пресових ліній діючого виробництва. Перевагою цієї конструкції перед трьохкоординатними грейферами (з вертикальним ходом лінійок) є мінімальний підйом деталі в штампі (для проходження горизонтальних лінійок), що дає змогу використовувати їх із пресами, які мають невеликий хід повзуна.

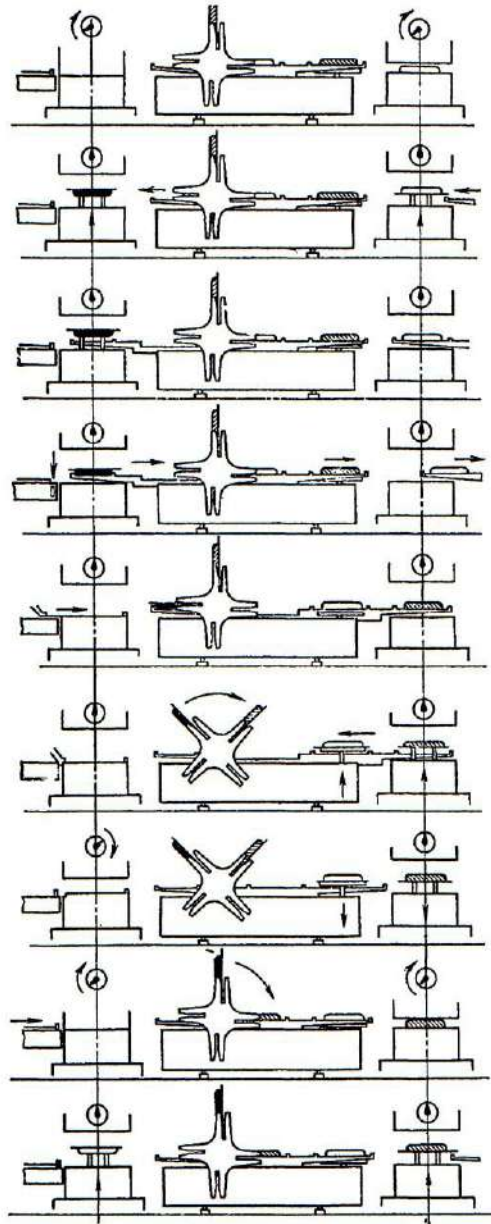
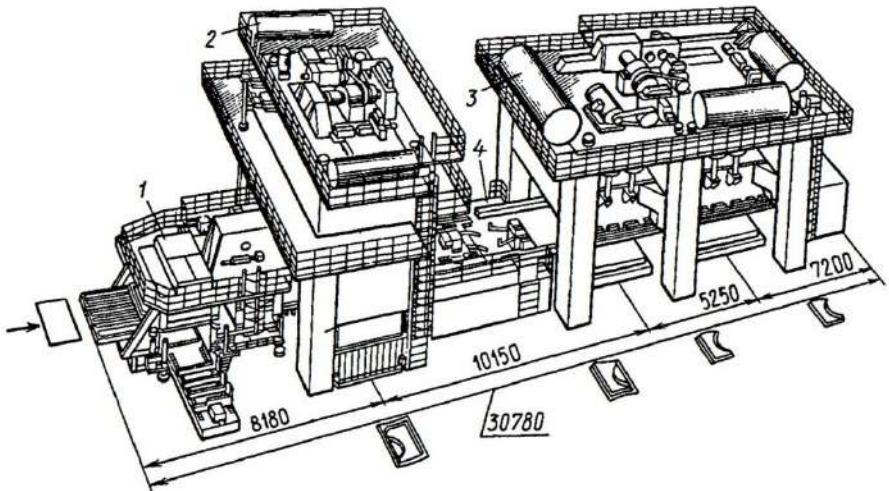


Рисунок 15.35 – Схема роботи грейфера з кантувальником



- 1 – завантажувач штучних заготовок; 2 – прес подвійної дії зусиллям 6/4 МН; 3 – багатопозиційний прес зусиллям 16 МН із трьохкоординатним грейферним механізмом;
4 – розвантажувач–кантувач

Рисунок 15.36 – Автоматична лінія штампування крил автомобіля

Слід зазначити велику різноманітність конструкцій засобів автоматизації, що застосовуються в штампувальних лініях.

Іноді автоматичні лінії для штампування великих кузовних деталей будують на основі поєднання в них преса подвійної дії та багатопозиційного преса (рис. 15.36). Лінія складається з автоматичного завантажувача штучних заготовок, преса подвійної дії зусиллям 6/4 МН, розвантажувача–кантувальника і багатопозиційного преса–автомата зусиллям 16 МН з трьохкоординатним грейферним механізмом подачі.

Перенесення деталі з позиції на позицію відбувається в положенні, коли деталь піднята грейферами над нижніми частинами штампів, крок подачі грейферного механізму 1500 мм, найбільші розміри заготовки 1800 x 1200 мм, продуктивність лінії 720 деталей на годину. Інші приклади сучасних пресових ліній наведено на рис. 15.37, 15.38.

15.1.6 Точність штампованих деталей

Відштампована кузовна деталь відрізняється від заданої кресленням, і ця відмінність тим більша, чим недосконаліший процес виготовлення реальної деталі. Ступінь відмінності характеризує точність деталі. Таким чином, задана точність – це сума вимог за кресленням деталі, майстер–моделлю і контрольним пристосуванням. Дійсна точність – точність реальної деталі, одержуваної на виробництві.



Рисунок 15.37 – Лінія пресів



Рисунок 15.38 – Одна з автоматизованих пресових ліній нового «штампового заводу» (Sterling Heights Stamping Plant) компанії Stellantis North America у місті Стерлінг-Хайтс (шт. Мічіган); продуктивність всього заводу 75 000 деталей на добу (2 млн. на рік)

Забезпечення точності кузовних деталей – одне з головних питань розроблення технологічного процесу їх виробництва. Ступінь точності геометричних розмірів деталей кузовів і кабін впливає на собівартість їхнього виробництва і на технологічний процес складання–зварювання.

Для виробництва кузовних деталей найбільше значення має не гранично досяжна точність, а так звана економічна, під якою слід розуміти технічно здійсненну і найвигіднішу точність деталей з урахуванням гранично допустимого зносу штампів.

Допустимі відхилення заданих геометричних параметрів, що характеризують необхідну точність виготовлення, встановлюють у кресленнях відповідними допусками. Якщо допуски не позначені на кресленні, то відхилення на відповідні параметри повинні перебувати в межах, які встановлені спеціальними технічними умовами. Для

деталей автомобільних кузовів і кабін, одержуваних на штампах, виготовлених із використанням майстер–моделей, на автомобільних заводах є спеціальні положення про точність, у яких регламентуються допуски форми, розташування і розмірів.

Точність кузовних штампованих деталей залежить від великої кількості виробничих факторів, які є причиною появи відхилень. Такими факторами є такі:

- пружні та пластичні властивості металу, від яких залежать пружні деформації та похибки лінійних розмірів деталей, одержуваних гнуттям і витяжкою;
- неоднорідність листового металу за товщиною і за механічними властивостями;
- лінійні розміри деталей, зі збільшенням яких зростають абсолютні величини відхилень;
- спосіб фіксації заготовки або напівфабрикату в штампі, що спричиняє відхилення внаслідок неточностей установки;
- число і послідовність операцій, зі збільшенням яких відхилення зростають;
- конструкція штампів і якість їх виготовлення, від яких залежить початкова (так звана досяжна) точність деталей;
- знос штампа, що залежить від конструкції, передбаченої можливості ремонту і відновлення робочих частин; знос штампа визначає кінцеву точність деталей;
- стан преса і відповідність його зусилля необхідному для проведення конкретної штампувальної операції.

Під час розробки технологічного процесу виготовлення конкретної кузовної деталі в комплексі розв'язують питання штампового оснащення, обладнання, підбору металу та контролю якості.

Основою для розробки методу контролю якості є креслення деталі, майстер–модель, карта контролю. Крім того, з'ясовують призначення деталі (з якими деталями і як сполучається, які місця будуть прийняті за базу під час установлення її на збірці тощо). Під час розроблення методу контролю визначають порядок перевірки геометрії деталі, номенклатуру контрольного оснащення, необхідного в технологічному процесі (контрольні пристосування, шаблони, калібри для перевірки взаємного розташування групи отворів, пробки тощо). Одночасно із завданням на проектування штампового

оснащення видають завдання на проектування контрольного оснащення. Контрольні пристосування та інше контрольне оснащення виготовляють раніше за відповідний комплект штампів, оскільки налагодження нових штампів перевіряють за якістю одержуваної деталі, її відповідністю контрольному оснащенню.

Контрольні пристосування повинні відтворювати умови установки і роботи деталі в кузові або кабіні. Базою для встановлення деталі в контрольному пристосуванні є основні поверхні деталі, тобто поверхні, за якими вона сполучається в кузові з іншими деталями, а також поверхні, розміри і форма яких забезпечується в процесі виготовлення найбільш стабільно. Вільні поверхні, що знаходяться поза зоною сполучень, контрольними пристосуваннями, як правило, не перевіряють.

Контроль якості штампованих деталей здійснюють у процесі підготовки виробництва, затвердження еталона і під час виробництва деталей.

Налагодження нового комплекту штампів на кузовну деталь, як правило, проводять на спеціальній пресовій лінії досвідчені висококваліфіковані слюсарі–інструментальники.

Спочатку налагоджують витяжний штамп. При цьому можуть бути виявлені неточності виготовлення штампа, недоліки його конструкції, упущення технологічного процесу і виявлено елементи нетехнологічності деталі, що штампується. Після внесення необхідних змін проводять пробне штампування з відпрацюванням контуру і розмірів необхідної заготовки. У задовільного витяжного переходу перевіряють геометричні розміри, фарбують його чорним лаком для перевірки якості поверхні. Якщо перехід визнають придатним, то розпочинають налагодження штампів на доробні операції, підготовлених до цього часу для випробування на деталі.

Як правило, всі фланцювальні та відбортовочні штампи налагоджують раніше розділових. Під час налагодження цих штампів дослідним шляхом відпрацьовують контури розділових штампів. Після отримання якісної деталі здійснюють її обмір і перевірку відповідності контрольному пристосуванню, після чого затверджують карту обміру деталі з допустимими відхиленнями розмірів.

Після оформлення і затвердження карти обміру на преси встановлюють комплект штампів і штампують пробну партію деталей у кількості не менше 50 шт. Після перевірки сталості якості деталей,

працездатності штампів і дотримання умов і правил техніки безпеки відбирають деталь для еталонування. Еталон розглядають і затверджують у встановленому на заводі–виробнику порядку.

Еталон деталі призначений для характеристики її зовнішнього вигляду, ступеня деформування, збігу і прилягання окремих елементів деталі (фланців, крайок, отворів тощо) до контрольного пристосування та є критерієм вимог, що висуваються до деталі.

Під час первинного налагодження штампів на деталь, практично виключають усі чинники, які у виробництві є причиною появи відхилень, тому точність еталонної деталі є гранична точність деталі. У подальшому виробництві потрібно прагнути до досягнення точності деталі, отриманої під час налагодження штампів.

При штампуванні виробничої партії контроль якості кузовних деталей здійснюють відповідно до одного з таких методів контролю за ходом виробництва.

Стовідсотковий контроль застосовують для контролю поверхні основних лицьових деталей кузова легкового автомобіля, таких як дах, крила, зовнішні панелі дверей. Стовідсотковий контроль іноді встановлюють тимчасово, коли під час виробництва виявляють браковані деталі, які потрібно виключити із загального потоку.

Вибірковий контроль встановлюють іноді також тимчасово. Цей метод полягає в тому, що з партії відштампованих деталей перевіряють якусь кількість деталей і в разі виявлення неприпустимих відхилень усі їх бракують. Це буває в тих випадках, коли виявлено відхилення на складанні.

Періодичний контроль – основний метод контролю, застосований у цехах штампування кузовних деталей. Якість штампованої деталі періодично перевіряють, наприклад, через кожні 2 або 3 години. Відштамповану деталь встановлюють на контрольне пристосування і відповідно до карти контролю перевіряють геометричні параметри, а також форму і зовнішній вигляд деталі на відповідність затвердженому еталону. У разі виявлення будь-яких відхилень негайно вживають заходів щодо усунення причин.

У кузовному штампуванні знайшов широке застосування метод контролю, за якого згідно з розробленими картами та встановленою періодичністю проводять обмір кількох деталей від кожної партії штампування з використанням контрольного пристосування із занесенням результатів у карту вимірів. У разі відхилень, близьких до

гранично допустимих, передбачених у карті контролю, технологи розробляють заходи щодо усунення цих відхилень на основі аналізу даних, наведених у карті замірів.

15.1.7 Організація робіт у пресових цехах

Основними видами організації робіт на штампувальних лініях є штампування потоком і в заділ.

Якщо на пресах лінії встановлено, закріплено і налагоджено всі штампи технологічного процесу штампування деталі, розставлено передбачене число працюючих і штампування відбувається на всіх пресах під час безперервного переміщення деталі з першої операції на подальшу і т.д. з однаковим тактом без створення міжопераційних заділів, то таку форму організації штампування деталі називають **штампуванням потоком**.

Якщо на преси встановлені штампи тільки частини операцій технологічного процесу, а всі інші операції виконують через якийсь проміжок часу, то це – **штампування деталей у заділ**.

Великі та середні кузовні деталі необхідно штампувати потоком, оскільки тільки при такій організації можна отримати їх задану якість. У плануванні цехів штампування кузовних деталей не передбачають зазвичай площ для укладання такої кількості міжопераційного заділу незавершених деталей.

Дрібні деталі, як правило, штампують не потоком, а в заділ. Це пояснюється тим, що за наявних програм їхнього випуску для раціонального використання дрібних пресів великої продуктивності доводиться приймати для них значну номенклатуру деталей. Тому навіть при найретельнішому підборі дрібних деталей за ознакою технологічної однорідності дуже важко домогтися такого становища, коли всі закріплені за групою пресів деталі проходять строго в одній і тій же послідовності єдиним потоком.

Кількість виконуваних технологічних операцій зазвичай значно перевищує число встановлених дрібних пресів. Таким чином, тільки незначне число дрібних деталей штампують потоком. Для складних деталей (відповідно до технологічного процесу їх виготовлення) створюють лінії, основна ж маса дрібних деталей штампуються в заділ.

Для складування тари з незавершеними дрібними деталями передбачають спеціальні майданчики. При штампуванні потоком

норму часу і продуктивність визначають за найменш продуктивною операцією і приймають рівною для всіх операцій потоку.

Найбільшою універсальністю в межах можливостей обладнання з точки зору штампування різних деталей володіють немеханізовані поточкові лінії, а найменшою – автоматичні лінії, оскільки застосовувані засоби автоматизації накладають свої обмеження на технологічні характеристики деталей, які можна штампувати на лінії.

Наприклад, автоматичний листоукладач обмежує діапазон товщини заготовок, пристрій транспортування лінії визначає найбільші та найменші розміри деталей тощо. Водночас автоматичні поточкові лінії мають найбільшу виробничу гнучкість (у межах технологічних можливостей лінії), перехід від штампування однієї деталі до штампування іншої деталі на сучасних автоматичних лініях, оснащених електронними системами управління, здійснюється в десятки разів швидше, ніж на немеханізованих поточних лініях.

Для організації робіт на поточкових лініях, окрім розглянутих вище питань подачі деталей у штамп, видалення їх зі штампа і міжопераційного транспортування, мають бути вирішені питання:

- подачі заготовок до головного преса лінії;
- перестановки штампів;
- транспортування і складування деталей і штампів;
- прибирання відходів;
- техніки безпеки.

Перестановка (переналагодження) штампів на пресах при переході від штампування однієї деталі до штампування наступної кузовної деталі забирає багато часу. Наприклад, переналагодження штампів на пресовій лінії, за якою закріплено виробництво до 10 найменувань деталей, становить близько 20 % ефективного річного фонду часу роботи обладнання. Витрати часу різко збільшуються зі зростанням кількості закріплених за лінією деталей, тому заходи щодо зменшення тривалості часу переналагодження штампів мають велике значення. У сучасних листоштампувальних пресах із висувними столами заміну штампів механізують, при цьому прес оснащують спеціальними швидкодійними гідравлічними затискачами для швидкого кріплення штампів.

Залежно від конструкції застосовуваних пресів можливі різні схеми заміни великих штампів. Одним з найбільш продуктивних способів є заміна штампів за допомогою висувних столів через бічні

вікна преса. Поки один стіл зі штампом перебуває в пресі, на іншому столі, що перебуває за межами робочої зони, проводять установку і підготовку до роботи нового штампа.

Столи переміщуються по рейках за допомогою коліс, що приводяться електродвигунами. Під час заміни штампів один стіл висувається з преса, інший – з новим штампом – зачочується в прес, автоматично встановлюється в потрібне положення, опускається на нерухому основу преса і кріпиться до нього гідрозатискачами. Після цього верхня частина штампа також автоматично кріпиться до повзуна преса гідрозатискачами. Заміна штампів в автоматичному режимі займає близько 10–15 хв.

Транспортування деталей у цехах штампування кузовних деталей здійснюється електронавантажувачами, тягачами з причіпними візками, підвісними конвеєрами (звичайними і штовхаючими). Відповідальні кузовні деталі транспортують і подають на проміжні склади підвісними конвеєрами. Найбільш універсальними є конвеєри періодичної дії (штовхаючі), які забезпечують автоматичне транспортування деталей на підвісках і зворотних порожніх підвісок, а також дають можливість влаштувати підвісні склади деталей.

Великогабаритні деталі транспортують і зберігають на складах у спеціальних контейнерах, які можна встановлювати в кілька ярусів або ставити на стелажі. Для встановлення уніфікованої тари або контейнерів у яруси використовують зазвичай авто– чи електронавантажувачі або крани–штабелери. Дрібні та середні кузовні деталі також транспортують на багатоярусні склади і зберігають там.

Сучасні цехи штампування кузовних деталей оснащуються автоматичними багатоярусними складами з керуванням від ЕОМ, що дає змогу за рахунок оптимізації переміщень штабелерів і завантаження стелажів забезпечити необхідний темп приймання тари з деталями безпосередньо з автоматичних ліній штампування. Відвантаження тари з деталями з автоматичних ліній традиційними методами викликає виробничі складнощі у зв'язку з високою продуктивністю цих ліній.

Великі та середні штампи транспортують електромостовими кранами. Дрібні штампи транспортують електронавантажувачами. Вантажопідйомність електромостового крана повинна забезпечувати транспортування всіх штампів, закріплених за лініями пресів, які обслуговуються краном. Складають великі та середні штампи у два–

три яруси на відведених для цього площах цеху, дрібні штампи складають у стелажах.

Важливе значення в пресових цехах має раціональна організація прибирання відходів, що виникають при штампуванні. Середня кількість листових відходів у цехах, що виготовляють деталі автомобільних кузовів і кабін, становить 25–35 % від загальної маси листового прокату, що переробляється.

Нині поширений метод збирання відходів підземними конвеєрами. У тунелях або підвальних приміщеннях розташовують систему конвеєрів з гумовою, сталевною або пластинчастою стрічкою для транспортування відходів від пресів до місця їх пакетування.

Траса конвеєрів залежить від прийнятого планування цеху. Уздовж ліній пресів у тунелях рухаються поздовжні конвеєрні стрічки. Відходи з поздовжніх конвеєрів надходять на один або два поперечних, які збирають усі відходи, що утворюються в цеху, і передають їх на ділянку пакетування. При розташуванні конвеєра під лінією пресів люки для скидання відходів зручно розташовувати з фронту і тилу пресів.

Засоби, що забезпечують безпеку роботи на пресах, зазвичай залежно від призначення поділяють на ті, що безпосередньо впливають на безпеку роботи (рухомі та нерухомі решітки різної конструкції, фотоелементний захист, органи управління, захисні огорожі рухомих механізмів пресів і штамсів), та такі, що сприяють безпеці роботи (пристрої, які конструктивно забезпечують нормальну роботу пресу та запобігають його поломкам, а також засоби механізації та автоматизації).

Механізація та автоматизація розкрою металу, укладання заготовок у преси, видалення деталей і відходів зі штамсів – найефективніший метод запобігання травматизму і поліпшення умов праці у виробництві деталей кузовів і кабін. За неможливості введення механізації обладнання слід оснащувати пристроями, що захищають від травм.

15.2 Складання–зварювання

Основним способом з'єднання штампованих деталей у кузовах і кабінах автомобілів є зварювання. Застосовуються й інші способи з'єднань (різьбові, заклепувальні, штампозбиральні, клейові), проте

порівняно зі зварюванням їх застосування займає набагато менший обсяг. Перед проведенням зварювальних операцій деталі та вузли кузова необхідно встановити і зафіксувати в необхідному положенні. Для цього застосовуються різні складальні пристрої та пристосування. Тому процес з'єднання деталей для отримання кузова або кабіни носить назву «складання–зварювання».

15.2.1 Особливості з'єднань деталей у кузові та види зварювання

Для кузовів легкових автомобілів, кабін вантажних автомобілів, кузовів автобусів характерні такі конструктивні та технологічні особливості:

- складність просторових форм зовнішньої поверхні і високі вимоги, що пред'являються до неї, зокрема, неприпустимість на ній слідів від зварювання;
- велика кількість зварних з'єднань, що виконуються як під час складання окремих деталей у вузли, так і під час з'єднання вузлів у більші складальні одиниці;
- наявність деталей, що виготовляються методом холодного штампування з тонколистового прокату, які внаслідок невисокої жорсткості можуть змінювати свої розміри під час складання;
- істотне підвищення міцності та жорсткості після з'єднання деталей у вузли, що допускає їх механізоване транспортування без деформацій.

Велике значення для забезпечення якості мають взаємозамінність конструкцій, контролепридатність та інструментальна доступність.

Взаємозамінність забезпечується, якщо деталі виготовлені в межах заданих допусків. У цьому разі їх складання у вузли не викликає труднощів, оскільки вони легко підходять одна до одної і не вимагають доопрацювання–підгонки.

Контролепридатність кузовів (кабін) і їхніх складальних одиниць полягає в можливості контролю на всіх стадіях їх виготовлення.

Інструментальну доступність стосовно кузовних конструкцій слід розуміти як можливість вільно використовувати зварювальне

оснащення і зварювальний інструмент у місцях зварювання. Ці вимоги стосуються і контрольно–вимірювального інструменту.

Технологічність конструкції в процесі складання і зварювання повинна забезпечувати вимоги подальшого процесу забарвлення, збирання і монтажу приладів, агрегатів, механізмів та інших складальних одиниць, а також складання автомобіля або автобуса в цілому.

Застосування допусків, методів і засобів вимірювань загального машинобудування під час складання–зварювання кузовів неможливе внаслідок того, що кузовні деталі не мають достатньої жорсткості та залежно від їхнього положення в просторі під час складання–зварювання з іншими деталями можуть змінювати свої розміри і форму.

Технологічність конструкцій кузовів (кабін) відпрацьовується на стадії конструкторсько–технологічного проектування, а збирання – в період підготовки виробництва під час виготовлення і налагодження штампового, складально–зварювального, контрольного та іншого інструментального оснащення.

Збірність кузовних конструкцій – сукупність властивостей конструкції і технології виготовлення, що забезпечують отримання геометричних параметрів у заданих межах на всіх етапах підготовки і в діючому виробництві.

Відпрацювання конструкції на технологічність досягається конструктивними і технологічними заходами:

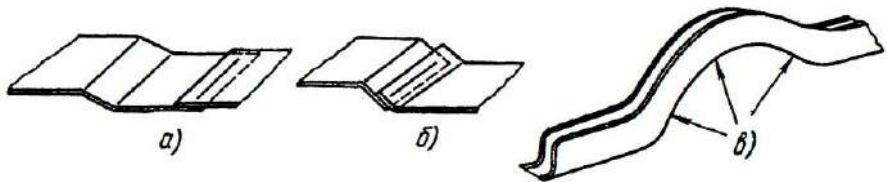
- укрупненню складальних одиниць, що входять до кузова (кабіни), зокрема, отриманням деталей із суцільноштампованими прорізами вікон і дверей;
- забезпеченням можливості проведення зварювання на прямолінійних ділянках;
- зменшенню обсягу газового та дугового зварювання;
- виключенням, за можливості, зовнішніх швів і з'єднань, оскільки їх необхідно обробляти;
- отриманням деталей з відкритими і зручними для зварювання з'єднаннями;
- виключенням, за можливості, спеціальних технологічних прийомів або складного зварювального інструменту;
- отриманням деталей зі з'єднаннями, що легко піддаються ущільненню з метою запобігання проникненню води і пилу.

Укрупненням складальних одиниць, що входять у кузов (кабін), можна отримати більш технологічну конструкцію, оскільки при цьому знижується трудомісткість складально-зварювальних операцій. На старих моделях кузовів (кабін) встановлювалися зварні боковини, які не забезпечували точності прорізів дверцят і вимагали застосування різних видів зварювання.

Заміна зварних боковин на суцільноштамповані дала змогу значно скоротити номенклатуру вхідних деталей, отримати стабільні за геометричними параметрами отвори дверей, зменшити обсяг зварювальних і доводочних робіт.

Розташування зварних з'єднань має бути раціональним. У разі розміщення зварних точок на похилих і криволінійних ділянках можливе виникнення нещільностей у сполученнях і великих зазорів.

На рис. 15.39, (а) показано технологічне з'єднання на прямій ділянці, а на рис. 15.39, (б) нетехнологічне з'єднання, оскільки воно розташоване на похилій площині.



а – на прямій ділянці; б – на похилій площині;
в – на криволінійній ділянці

Рисунок 15.39 – Розташування зварних з'єднань на різних ділянках деталей

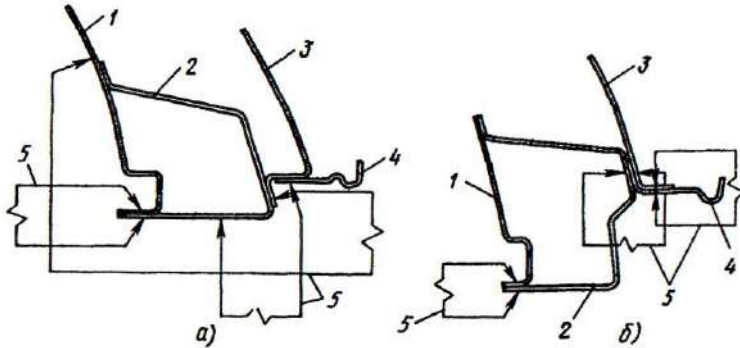
На рис. 15.39 (в) стрілками показані місця, не рекомендовані для зварювання. Раціональність з'єднання, показано на рис. 15.39 (а), досягається введенням підштампівки в одній із деталей на товщину металу іншої, яка забезпечує єдиний рівень поверхонь деталей.

Відпрацювання технологічності конструкції розглянемо на прикладі (рис. 15.40).

На старих моделях кузовів з'єднання даху з водостічним жолобком було нетехнологічним (рис. 15.40, а). Складність приварювання водостічного жолобка до даху полягала в утрудненості доступу зварювального інструменту до місця зварювання. Дах з'єднували із закритим профілем підсилювача рейки по відігнутому

всередину фланцю. Дах і водостічний жолобок при закритому профілі зварювали з непрямим підведенням струму до місця зварювання.

На сучасних моделях кузовів легкових автомобілів застосовано більш технологічну конструкцію, що забезпечує вільний доступ зварювального інструменту до місця зварювання (рис. 15.40, б).



- а – переріз даху і водостічного жолобка на старих конструкціях кузовів;
б – з'єднання даху і водостічного жолобка на сучасних кузовах;
1 – підсилювач рейки даху; 2 – рейка даху; 3 – дах;
4 – водостічний жолобок; 5 – схема підведення зварювального струму

Рисунок 15.40 – З'єднання даху з водостічним жолобком

З наведеного прикладу випливає, що технологічність зварних з'єднань визначається правильним підбором відповідних перерізів деталей кузова (кабіни) і правильним вибором конструкторських і технологічних баз. Велике значення має також вид і конфігурація з'єднань, що забезпечує легкість доступу до них.

Технологічні вимоги, що висуваються до кузовних конструкцій, зводяться до оптимізації таких факторів:

- форми деталей;
- способу з'єднань деталей;
- прийомів складання і виду зварювання для конкретного типу з'єднання;
- технологічного процесу складання–зварювання;
- обладнання та оснащення.

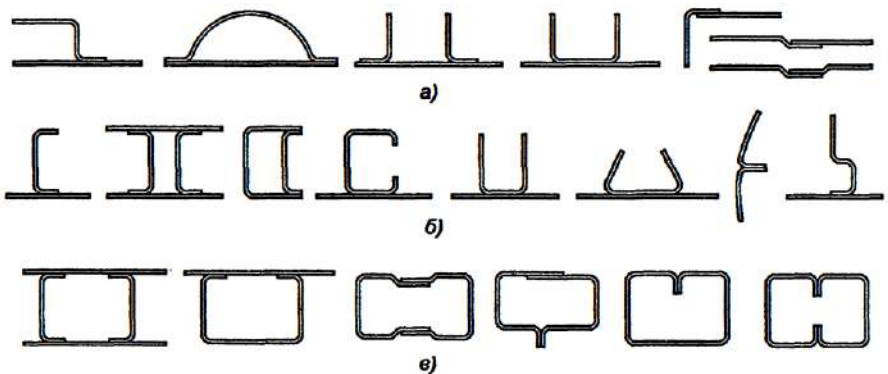
Остаточна конструкція деталей має бути встановлена після опрацювання технології їх виготовлення та аналізу їх з'єднання в

складальні одиниці. Спосіб з'єднання складальних одиниць має бути обраний залежно від вимог, що пред'являються до них, наприклад, необхідності створення несучих елементів кузова (кабіни), елементів, що забезпечують герметичність тощо. Під час зварювання не рекомендується застосовувати з'єднання, що складаються більш ніж із трьох деталей. Співвідношення товщини зварюваних листів не має бути більшим за 3:1.

З'єднання з погляду зручності двостороннього підведення зварювального інструменту при контактних видах зварювання можна розділити на відкриті, напівзакриті та закриті. У відкритих з'єднаннях (рис. 15.41, а) може бути забезпечено вільне підведення електродів до місця зварювання. Такі з'єднання дають змогу вести зварювання в будь-якій послідовності.

Для напівзакритих з'єднань (рис. 15.41, б) не завжди забезпечується вільне підведення, і тому необхідно встановити один з електродів у похилому положенні або застосовувати спеціальні електроди і пристосування. До закритих з'єднань (рис. 15.41, в) неможливо підвести електроди, що значно ускладнює процес контактного зварювання.

Важливою умовою складання-зварювання кузовних конструкцій є можливість його виконання за горизонтального положення поверхонь, що зварюються, що спрощує розташування зварювальних інструментів, пристосувань і рухомих пристроїв.



а – відкриті; б – напівзакриті; в – закриті

Рисунок 15.41 – Види з'єднань

Обраний технологічний процес повинен забезпечувати раціональний порядок складання і зварювання, що передбачає мінімальне число переворотів виробу, зварювання в зручному положенні і отримання складальних одиниць з мінімальними деформаціями і стабільними геометричними параметрами.

Під час розміщення зварних точок і швів на виробі крім забезпечення необхідної міцності з'єднання необхідно також передбачати максимальну можливість застосування автоматизованих способів зварювання.

У виробництві кузовів і кабін автомобілів застосовують такі види з'єднань: фланцеві, нахльсточні, стикові, кутові і торцеві.

Фланцеві з'єднання є найкращими, оскільки при цьому можна застосовувати продуктивні види контактного зварювання: точкове і шовне. Нахльсточні з'єднання з підштамповкою однієї з крайок (рис. 15.39, а) знаходять широке застосування у виробництві.

Крім забезпечення єдиного рівня поверхонь деталей підштамповка надає з'єднанню додаткової жорсткості. У разі нахльсточного з'єднання без підштамповки можна дещо зміщувати деталі під час складання (для дотримання загального розміру) і тим самим компенсувати неточності їхнього виготовлення.

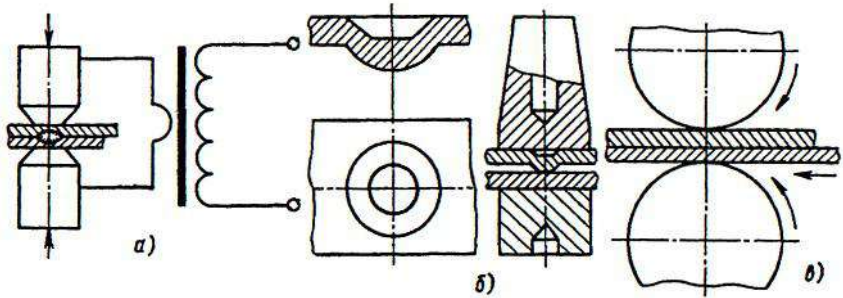
Недоліками нахльсточного з'єднання є підвищена витрата металу і необхідність додаткового захисту металу від корозії в місцях нахлеста.

У випадках застосування нахльсточних з'єднань на лицьових поверхнях на місця з'єднань наносять шар припою або спеціальної пластмаси. Іноді ці з'єднання закривають спеціальними декоративними накладками.

Стикові, кутові і торцеві з'єднання вимагають підвищеної точності виготовлення деталей, їх виконання більш трудомістке через неможливість застосування контактних видів зварювання.

Під час виготовлення кузовів і кабін застосовуються такі види зварювання:

- електричне контактне (або зварювання опором); найширше в кузовобудуванні застосовують три різновиди контактного зварювання: точкове, рельєфне і шовне (рис. 15.42);
- електричне дугове (переважно, в середовищі захисних газів);
- газове.



а – точкове; б – рельсфне; в – шовне

Рисунок 15.42 – Основні види контактного зварювання

Контактне зварювання засноване на нагріванні металу під час проходження через нього електричного струму. При контактному зварюванні струм проходить через ділянки двох або декількох деталей, що стикаються (контактують) одна з одною.

Найінтенсивніше метал нагрівається в зоні контакту деталей, що має найбільший електричний опір і найгірші умови для відведення тепла. Кількість теплоти Q , що виділяється в зоні контакту, визначається законом Джоуля–Ленца в інтегральній формі:

$$Q = \int_0^t I_{\text{св}}^2(t) R(t) dt, \quad (15.2)$$

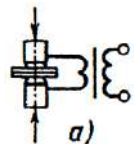
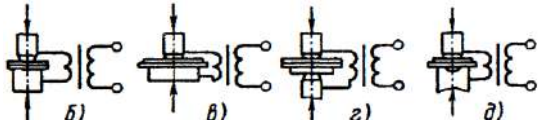
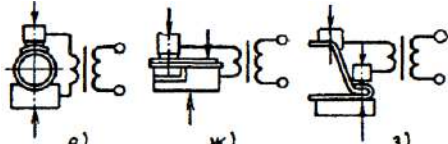
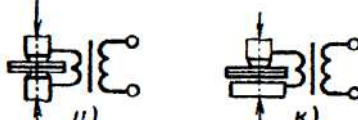
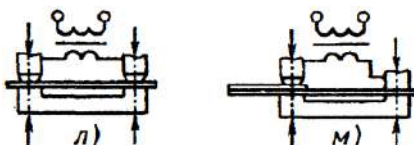
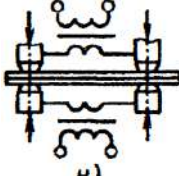
де I – миттєве значення зварювального струму;

R – загальний опір ділянки деталей, яка укладена між електродами (роліками), і істотно змінюється під час зварювання за час t .

Класифікація основних способів точкового зварювання наведена в таблиці 15.2. Під час цього виду зварювання дві або кілька деталей стискаються електродами зварювальної машини і зварюються по поверхні їхнього зіткнення в окремих точках. Точкове зварювання широко використовується для з'єднання деталей внапуск і по фланцях.

Найбільш широко застосовується одноточкове двостороннє зварювання (табл. 15.2, а). З'єднання, отримане цим способом, має характерні вм'ятини від електродів.

Таблиця 15.2 – Класифікація основних способів точкового зварювання

Тип	Схема
Двостороння (нормальна)	<p style="text-align: center;">Одноточкова</p>  <p style="text-align: center;">а)</p>
Безслідна	 <p style="text-align: center;">б) в) г) д)</p>
З непрямым струмопідводом	 <p style="text-align: center;">е) ж) з)</p>
Багатоточкова	
Двостороння	 <p style="text-align: center;">и) к)</p>
Одностороння	 <p style="text-align: center;">л) м)</p>
Двостороння двоточкова зі спареними трансформаторами	 <p style="text-align: center;">н)</p>

Для отримання безслідного точкового зварювання, тобто зменшення вм'ятин від електродів, необхідно збільшити роботу

поверхню одного з електродів, переважно нижнього (табл. 15.2, б), проводити зварювання плоским електродом або використовувати проміжні пластини з мідних сплавів, поміщаючи їх між одним із електродів та деталлю (табл. 15.2, в і г).

Іноді для отримання якісної лицьової поверхні в нижньому електроді з великою площею робочої поверхні роблять поглиблення (лунку) (табл. 15.2, д), на місці якої на деталі виходить опуклість, яку легко видалити під час зачищення. Таке зварювання доцільне тільки на стаціонарних машинах під час зварювання деталей, правильна орієнтація яких відносно електродів не викликає труднощів.

Для зварювання складних штампованих деталей, що утворюють закриті перерізи, застосовується зварювання з непрямым підведенням струму (табл. 15.2, е, ж і з), коли зварювальний струм підводять з одного боку електродом з нормальною контактною поверхнею, а з іншого – через деталь, тобто на деякому віддаленні від місця зварювання.

Таке струмопідведення застосовують для зварювання конструкцій, у яких неможливе двостороннє точкове зварювання (табл. 15.2, е і ж) або в яких з боку лицьової поверхні мають бути зменшені залишкові деформації від зварювання (табл. 15.2, з).

Для збільшення продуктивності застосовують багатоточкове зварювання на машинах, сконструйованих відповідно до зварюваної складальної одиниці. Схеми двостороннього багатоточкового зварювання (табл. 15.2, і, к) відрізняються від розглянутих вище схем тільки збільшеною кількістю застосовуваних пар електродів. Для зварювання тонколистових сталей широко застосовується одностороннє багатоточкове зварювання (табл. 15.2, л, м) із застосуванням нижнього електрода, електричний струм до якого не підводиться. Для зварювання виробів із металу більшої товщини застосовується схема двостороннього струмопідведення зі спареними трансформаторами (табл. 15.2, н).

Для точкового зварювання характерні такі конструктивні параметри зварного з'єднання:

- товщина деталей, що зварюються;
- діаметр зварної точки;
- мінімальний крок точкового шва;
- мінімальна відстань між осями сусідніх рядів зварних точок;
- ширина напустку;

- відстань центру зварної точки від краю виробу.

Під час проектування зварних конструкцій необхідно вибрати діаметр ядра точок, їх кількість і положення на кузові, ширину напустку. Значення цих величин вибирають із довідкових таблиць, вони залежать від товщини і матеріалу зварюваного виробу.

У кресленнях зварних з'єднань вказуються такі параметри: мінімальний діаметр ядра точки, крок, відстань між осями сусідніх рядів точок, координати початку і кінця шва, відстань від центру зварюваної точки до краю виробу, які обирають, виходячи з конструктивних і технологічних особливостей складальної одиниці.

Рельєфне зварювання (рис. 15.42, б) – це різновид контактного зварювання, під час якого нагрівання і прикладене зусилля зосереджуються в рельєфі (виступі), через який проходить зварювальний струм. Під час рельєфного зварювання на одній із деталей, що зварюються, мають бути відштамповані виступи спеціальної форми (рельєфи). Рельєфне зварювання має високу продуктивність, оскільки його можна виконувати за кількома рельєфами одночасно.

Рельєфне зварювання класифікують за формою і способом виготовлення рельєфів, а також формою з'єднання. Найбільш широко поширене рельєфне зварювання нахльосточних з'єднань з листових сталей з рельєфами різної форми, отриманими холодним листовим штампуванням. Зазвичай застосовують круглий рельєф, що забезпечує найбільшу жорсткість, необхідну для сприйняття зварювальних зусиль під час нагрівання. Нагрівання і подальше формування литого ядра точки в такому з'єднанні відбуваються рівномірно від периферії до центру. Інструмент для таких рельєфів простіше виготовляти і відновлювати під час ремонту.

Щоб збільшити площу зварювання, коли не можна збільшити кількість круглих рельєфів, застосовують рельєфи довгастої форми. У деяких випадках для з'єднання штампованих деталей з листової сталі застосовують кільцевий рельєф, що забезпечує герметичність і високу міцність з'єднання.

Рельєфне зварювання широко застосовується також для приєднання до кузовних деталей кріпильних виробів (гвинтів, гайок тощо), отриманих методом холодного об'ємного штампування. Рельєфи в цьому випадку виконуються на кріпильних виробках під час їх виготовлення. До конструктивних елементів рельєфного

зварювання належать діаметр ядра точки і мінімальний крок між рельєфами. Рельєфи можуть бути розміщені з меншим кроком і ближче до кромки деталей, що зварюються, ніж під час точкового зварювання. На практиці дотримуються оптимальних розмірів і форми рельєфів, які вибирають за довідковими таблицями, для них рекомендують і відповідні режими зварювання.

Розміри і форма рельєфів залежать від товщини металу, що зварюється, його марки, місця розташування рельєфу. Найчастіше застосовується рельєф круглої форми. Основним параметром, що визначає міцність рельєфного зварювання, є діаметр ядра, який залежить від діаметра і висоти рельєфу. Діаметр ядра вибирають у тих самих межах, що і для точкового зварювання.

Шовне зварювання (рис. 15.42, в) – різновид контактного зварювання, під час якого деталі, що з'єднуються, зварюються в місці дотику точками, які частково перекривають одна одну, що дає змогу отримати герметичне з'єднання. Стиснення деталей і підведення струму здійснюється електродами у вигляді обертових дисків (роликів). Шовне зварювання поділяють за способом підведення струму, числом роликів і одночасно зварюваних швів.

У розглянутих різновидах контактного зварювання (точкового, рельєфного і шовного) умови утворення зварних з'єднань аналогічні і складаються з чотирьох етапів.

На першому (підготовчому) етапі відбувається стиснення поверхонь, що зварюються. Поверхні входять у зіткнення, відбувається деформація мікронерівностей у місцях контакту і часткове руйнування оксидних плівок. Зменшуються і стабілізуються контактні опори.

Другий етап починається з моменту ввімкнення зварювального струму і закінчується початком розплавлення металу в контактній області (початком утворення литого ядра). Під час цього етапу метал нагрівається і розширюється в місці з'єднання. З нагріванням металу розвиваються пластичні деформації, під впливом яких метал витісняється в зазор і утворюється поясок, що ущільнює ядро.

Третій етап починається з виникнення розплавленої зони та її збільшення до номінального діаметра литого ядра. На цьому етапі відбувається дроблення і руйнування оксидних плівок, які перемішуються в розплавленому металі ядра. Дія електродинамічних сил сприяє цьому процесу і призводить до інтенсивного

перемішування рідкого металу і вирівнювання складу ядра при зварюванні різнорідних металів. При такому перемішуванні нерозчинні частинки оксидних плівок і забруднень концентруються на периферії розплавленого металу.

Четвертий етап починається з моменту вимкнення зварювального струму. Під час цього етапу відбувається охолодження і кристалізація в зоні зварювання при збереженому (а іноді і зростаючому) зусиллі стиснення електродів, яке необхідне для запобігання усадочних дефектів. Стиснення з підвищеним зусиллям (проковування) на стадії охолодження застосовується для запобігання виникненню тріщин у схильних до цього матеріалах.

Унаслідок термомеханічних процесів у зоні зварювання протікають супутні процеси: з'являються залишкові напруження і деформації, відбуваються структурні зміни в навколошовній зоні, змінюється об'єм металу під час нагрівання й охолодження, окислюються і взаємодіють метали в контактні електрод–деталь тощо.

До основних параметрів режиму точкового, рельєфного і шовного зварювання відносять силу зварювального струму $I_{\text{св}}$, зусилля стиснення $F_{\text{св}}$ електродів і час проходження імпульсу зварювального струму $t_{\text{св}}$. Крім того, для точкового і шовного зварювання важливе значення мають розміри і форма робочих поверхонь електродів.

Силу струму і зусилля стиснення встановлюють постійними або змінюють за певним законом протягом циклу зварювання однієї точки. Характер їхньої зміни (схема циклу) визначається видом і товщиною матеріалу деталей, що зварюються, а також застосовуваним устаткуванням.

Дугове зварювання в середовищі захисних газів застосовується в кузовобудуванні там, де неможливе або недоцільне застосування контактного зварювання, наприклад, під час виконання стикових з'єднань. Нагрівання і розплавлення металу виробів, що зварюються, при цьому виді зварювання відбувається завдяки горінню зварювальної дуги, що виникає між електродом і виробом, і являє собою усталений розряд струму в газовому середовищі.

Як захисний газ найчастіше застосовується вуглекислий газ. Захист місця зварювання за допомогою газового середовища підвищує якість зварного з'єднання, виключаючи або зменшуючи взаємодію нагрітого металу з киснем повітря. Як електрод, що плавиться, використовується зварювальний дріт різної товщини, який

безперервно подається в зону зварювання. Дугове зварювання в середовищі захисних газів забезпечує якісне з'єднання тонколистових кузовних деталей, має прийнятну продуктивність.

Газове зварювання ґрунтується на нагріванні виробів, що зварюються, полум'ям, що виникає під час згоряння горючих газів у суміші з киснем. Як горючий газ найчастіше застосовується ацетилен. Недоліком газового зварювання є викривлення кузовних деталей і низька продуктивність. Нині цей вид зварювання в кузовобудуванні практично витіснений дуговим зварюванням у середовищі захисних газів.

15.2.2 Розробка технологічних процесів складання–зварювання

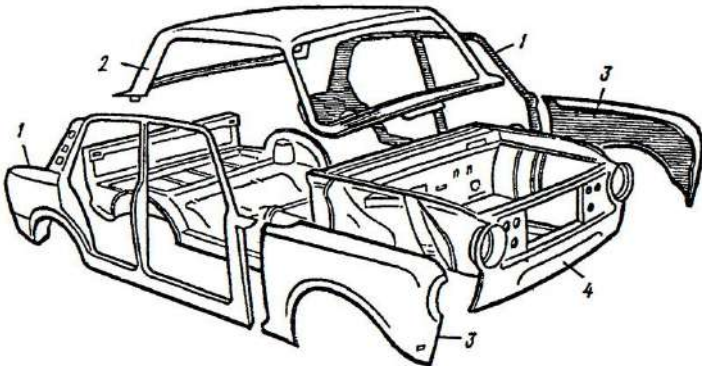
Перед проектуванням технологічного процесу виготовлення кузовів (кабін) автомобілів слід правильно розчленувати їх на складальні одиниці, визначити послідовність їхнього збирання та зварювання, вибрати бази фіксації, які не змінювалися б протягом усього збирання та зварювання.

Останнім часом намітилася тенденція укрупнення складальних одиниць, на які розчленовується більша складальна одиниця. Розбивка технологічного процесу виготовлення великих складальних одиниць на окремі операції спрощує конструкцію пристосувань і оснащення зварювальних машин, забезпечує кращий доступ до місць зварювання і вибір найбільш раціонального способу зварювання. Спеціалізація кожного робочого місця повинна забезпечувати найбільш повне використання обладнання, високу продуктивність праці та економію виробничих площ.

У разі великого обсягу зварювання складальної одиниці в процесі її складання зварюють тільки частину точок для створення достатньої жорсткості конструкції, решту обсягу робіт виконують без фіксувальних пристроїв. Під час зварювання таких виробів на багатоелектродних машинах застосовують тільки підтримувальні пристосування. Доступ до місць зварювання полегшується, і зварювальні роботи стають продуктивнішими.

Під час масового і великосерійного виробництва кузова і кабінні автомобілів розбивають на кілька основних складальних одиниць. Наприклад, кузов сучасного легкового автомобіля містить чотири такі

одиниці (рис. 15.43). Іноді основу кузова, своєю чергою, розбивають на дві або три частини, наприклад, передня частина (мотовідсік), задня частина і власне основа.



1 – боковини; 2 – дах; 3 – передні крила; 4 – основа

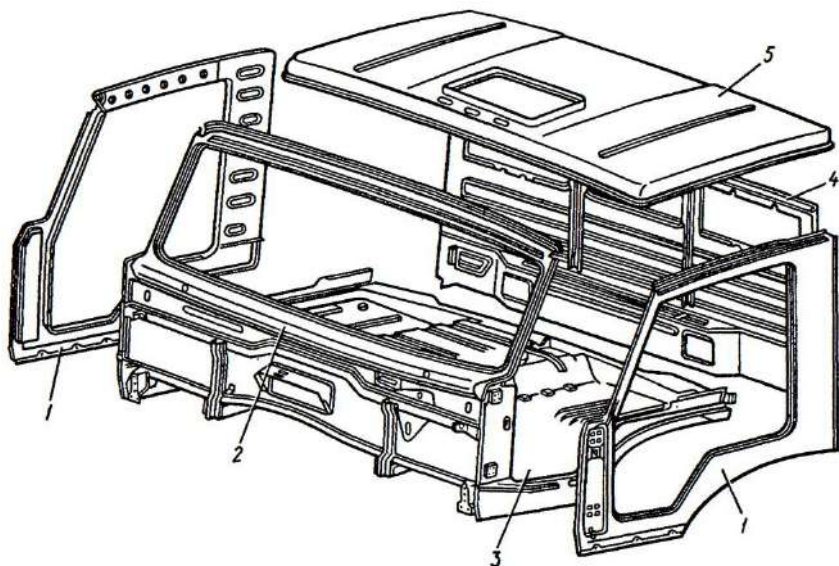
Рисунок 15.43 – Великі складальні одиниці кузовів легкових автомобілів

Для кабін сучасних вантажних автомобілів при розташуванні кабіни над двигуном характерна наявність п'яти основних складальних одиниць (рис. 15.44); те саме стосується кузовів автобусів. Для остаточного виготовлення до них додають навісні складальні одиниці (дверцята, кришку багажника, капот тощо), які потребують значного обсягу складальних і зварювальних робіт.

З метою полегшення процесу складання–зварювання кузова (кабіни) і забезпечення найменшої тривалості його виробничого циклу, паралельності складання та зварювання складальних одиниць, а також механізації та автоматизації цих процесів під час вибору оптимального варіанта розчленовування кузовів і кабін мають бути враховані такі умови:

- кількість складальних одиниць і деталей має бути мінімальною;
- складальні одиниці мають бути відкритими і доступними для оснащення зварювальних машин;
- обсяг контактного точкового зварювання має бути максимальним, а обсяг дугового і газового зварювання зведений до мінімуму;

- для складання і зварювання складальних одиниць мають бути одні й ті самі бази по всьому технологічному ланцюжку;
- при остаточному зварюванні складальних одиниць, кузовів (кабін) геометричні розміри не повинні бути порушені.



1 – боковини; 2 – передня частина;
3 – основа; 4 – задня частина; 5 – дах

Рисунок 15.44 – Складальні одиниці кабіни вантажного автомобіля

Для перевірки правильності прийнятого варіанта розчленування кузова (кабіни) в період підготовки виробництва виготовляють моделі складальних одиниць, з яких збирають кузов. За моделлю кузова (кабіни) можна проаналізувати вибране розчленування, переконатися в правильності вибору мінімальної кількості штампованих деталей, що входять до складальних одиниць, і складальних одиниць кузова (кабіни), підтвердити правильність вибору типу зварних з'єднань і розташування їх у конструкції кузова (кабіни) з метою забезпечення нормального доступу зварювального оснащення.

Зазвичай **технологічний процес складання–зварювання складальної одиниці** складається з таких операцій.

1. Підготовка деталей після штампування полягає в очищенні поверхонь під зварювання від забруднень, слідів мастила тощо. Для очищення застосовують протирання, миття тощо. Мийку виконують із застосуванням спеціального обладнання – мийно–сушильних агрегатів. Якість підготовленої під зварювання поверхні контролюють зовнішнім оглядом. Рекомендується підготовлені під зварювання деталі зберігати на складах, у місцях, закритих від пилу.

2. Фіксування і закріплення деталей і складальних одиниць у складально–зварювальних пристосуваннях необхідне для забезпечення точності виробів, що збираються. Фіксування нескладних деталей під час зварювання може здійснюватися без складально–зварювальних пристосувань, безпосередньо у зварювальній машині. Для цієї операції має бути вказано складально–зварювальне пристосування або зварювальне обладнання.

3. Прихватку виконують за великого обсягу зварювання виробу, що збирається, для зменшення трудомісткості зварювання в одному складально–зварювальному пристосуванні. Для операції вказується кількість прихоплюваних точок, їх крок і зварювальне обладнання.

4. Остаточне зварювання відповідно до вимог креслення характеризується конкретними параметрами (числом зварних точок, кроком, довжиною зварного шва тощо), відповідним зварювальним устаткуванням, інструментом і оснащенням для складання–зварювання. Під час складання не допускається поганой підгонки деталей з утворенням великих зазорів. У місцях зварювання можливі зазори, що усуваються зусиллям, яке не перевищує 10 % зусилля стиснення на електродах, яке обирають виходячи з товщини металу.

5. Розфіксування і знімання зібраної складальної одиниці.

6. Контроль якості зварювання та геометричних параметрів складальної одиниці здійснюють відповідно до зазначеного в технічній документації способу. Для контролю геометричних параметрів складальної одиниці за необхідності має бути виготовлено контрольне пристосування. Початковими даними для розроблення технологічного процесу складання–зварювання слугують: креслення складальної одиниці, в якому мають бути закладені всі вимоги до неї, зокрема й вимоги до точності складання; нормативно–технічна документація; програма випуску виробу; наявні умови для розміщення обладнання.

Розробка технологічного процесу складання–зварювання складальних одиниць складається з таких етапів.

1. Аналіз вихідних даних про складальну одиницю стосовно типу виробництва, ознайомлення з її конструкцією і призначенням у кузові (кабіні), вивчення креслень і способів з'єднань в аналогах.

2. Вибір методу виготовлення складальної одиниці, тобто спосіб і вид зварювання. Вибір здійснюється на основі вивчення сучасних методів складання однотипних складальних одиниць і прогресивних способів зварювання. Спосіб зварювання визначають виходячи з конструктивних особливостей складальної одиниці, а також з урахуванням товщини деталей, що зварюються.

3. Попереднє визначення послідовності складання складальної одиниці і застосовуваних засобів технологічного оснащення.

4. Призначення технологічних баз для фіксації кожної з деталей, що збираються. Для отримання точних і стабільних за геометричними параметрами складальних одиниць важливим є дотримання принципу єдності баз, тобто бази під час збирання–зварювання деталей мають бути аналогічні базам, обраним під час виготовлення (штампування) деталей.

5. Підбір типових технологічних процесів на підставі аналізу аналогів.

6. Остаточний вибір послідовності складально–зварювальних операцій зі створенням найкращих умов для виконання зварювання і забезпеченням можливості перевірки розмірів і виправлення допущених відхилень на будь–якій стадії складання. Під час розроблення послідовності складально–зварювальних операцій прагнуть вибрати мінімальну кількість поворотів деталей, обрати зварювання з'єднань у найзручнішому положенні і передбачити можливість зменшення деформацій, що виникають від зварювання.

7. Аналіз різних типів обладнання.

8. Розрахунок режимів зварювання.

9. Нормування технологічного процесу.

10. Вибір сучасного обладнання, оснащення і засобів механізації та автоматизації.

11 Безпосередня розробка технологічних операцій. Для кожної конкретної технологічної операції вибирається обладнання. Виходячи зі способу зварювання, товщини деталей, що зварюються, за довідковими таблицями вибирають режими зварювання і

підраховують їхні параметри. До зварювального обладнання підбираються відповідні оснащення та інструмент. На цьому етапі також опрацьовуються принципові схеми пристосувань для складання–зварювання виробу, що збирається. Для кожної конкретної технологічної операції складання–зварювання розробляється ескіз, що характеризує послідовність складання.

Розроблений технологічний процес записується в технологічних картах поопераційно в суворій послідовності. Розроблення технологічних процесів під час виготовлення кузовів і кабін ведеться на кожну складальну одиницю.

Основними вимогами при побудові технологічного процесу складання–зварювання є:

- точність складання виготовлених складальних одиниць;
- можливість найменшої тривалості складання;
- максимальне полегшення умов праці та забезпечення безпеки робіт.

Технологічний процес виготовлення дрібних і нескладних складальних одиниць, у яких до основної деталі приварюється одна або кілька інших деталей, як правило, передбачає їхнє виготовлення на стаціонарних зварювальних машинах, що мають спеціальне або універсальне оснащення. Зварювання при цьому ведеться зазвичай із застосуванням самофіксації за попередньо відштампованими в деталях заглибленнями, виступами, отворами тощо. Міжопераційне транспортування здійснюють візками або підвісним замкнутих конвеєром.

Технологічний процес виготовлення середніх складальних одиниць містить спочатку послідовне складання дрібних складальних одиниць, що входять до їхнього складу, потім їхнє поопераційне складання з чергуванням складально–зварювальних операцій на кондукторах підвісними зварювальними машинами зі зварюванням на багатоточкових машинах.

Найсучасніші технологічні процеси виготовлення дрібних і середніх складальних одиниць здійснюють із застосуванням роботизованих технологічних комплексів (РТК), що дають змогу автоматизувати подавання і знімання зібраних виробів.

Для складання–зварювання великих складальних одиниць, зокрема кузовів (кабін) загалом, характерна така побудова технологічного процесу: складання–зварювання окремих складальних

одиниць, що входять до складу кузова; загальне складання великих складальних одиниць у кузов (кабіну).

Технологічний процес складання–зварювання великих складальних одиниць може бути побудований двома способами:

- з одночасним закладанням у складально–зварювальне пристосування (кондуктор) усіх деталей, що входять до складальної одиниці, і подальшим їх складанням, а потім остаточною операцією зварюванням усєї конструкції;
- за типом поступового нарощування конструкції за неможливості або важкодоступності одночасного зварювання всєї складальної одиниці.

За першим способом виконується зазвичай складання–зварювання основ кузовів, каркасів кузовів автобусів. За другим способом будуються технологічні процеси складання–зварювання боковин, дверей, кузовів (кабін) автомобілів.

Технологічний процес складання–зварювання кузовів (кабін) може бути побудований зі створенням одразу жорсткої конструкції або з початковим створенням напівжорсткої конструкції і подальшим доведенням її до жорсткої.

На сучасних автомобільних заводах в умовах масового і багатосерійного виробництва технологічний процес складання–зварювання кузовів (кабін) організовується таким чином, що спочатку створюється напівжорстка конструкція. Для її створення виконують прихватку складальних одиниць у певному обсязі.

Збірка зазвичай починається з укладання в кондуктор основи (підлоги) в зборі, а потім і всіх інших складальних одиниць. Складання проводиться таким чином, щоб з'єднання, що визначає базовий розмір, зварювалося останнім. Це робиться для того, щоб усі недоліки, викликані попередніми операціями, компенсувалися в цьому з'єднанні. Останні з'єднання зазвичай виконують внапуск.

15.2.3 Обладнання та організація робіт у цехах складання–зварювання

Рациональний вибір зварювального обладнання значною мірою визначає досконалість технологічного процесу складання–зварювання і має вирішальний вплив на його техніко–економічні показники.

Критеріями для вибору обладнання слугують такі показники:

технічні можливості, що забезпечують найраціональніший цикл і режим зварювання, а також високу продуктивність; мінімальні розміри вторинного {зварювального) контуру; висока експлуатаційна надійність і відносна простота обслуговування; можливо менший термін окупності для цього виробництва.

Під час виробництва кузовів здебільшого використовують контактне зварювання, тому основними видами обладнання є точкові машини (що становлять 70 % всього обладнання, включно з багатоелектродними машинами і роботами для точкового зварювання), машини для рельєфного і шовного зварювання. Вибір зварювального обладнання для конкретних деталей визначається методом зварювання, видом і маркою матеріалу, розмірами, формою і товщиною деталі, вимогами до якості зварювання, продуктивності тощо.

Машини для точкового, рельєфного і шовного зварювання можна класифікувати:

- за призначенням – універсальні, спеціальні;
- за способом підведення струму до місця зварювання – двосторонні і односторонні;
- за формою імпульсу зварювального струму – безперервні, переривчасті;
- за напрямком руху електродів – поступальні і радіальні;
- за приводом механізмів стиснення – пневматичні, гідравлічні, механічні;
- за кількістю одночасно зварюваних з'єднань – одноточкові, багатоелектродні (багатоточкові), рельєфні;
- за характером переміщення деталей під час зварювання – постійні, змінні;
- за способом установки – стаціонарні, підвісні та пересувні.

Універсальне зварювальне обладнання підбирають за каталогами, а спеціальне проектується стосовно конструкції складальної одиниці.

Основні технічні вимоги до машин для контактного зварювання регламентовані ГОСТом 297–80 «Машини електрозварювальні контактні». Тип обладнання і деякі дані можна визначити за умовним позначенням обладнання, що складається з декількох букв і цифр.

Перша буква позначення характеризує виріб: М – машина, А – автомат, П – напівавтомат, У – установка.

Друга буква вказує вид зварювання: Т – точкове, Р – рельєфне, Ш – шовне.

Третя буква, що іноді входить до позначення, дає додаткові відомості: М – багатоелектродне, В – з випрямленням струму у вторинному контурі тощо.

У числовій частині позначення перші дві (іноді три) цифри вказують максимальну силу вторинного струму в кілоамперах, а другі дві – номер конструктивного виконання даного типу машини.

Контактні зварювальні машини характеризуються електричними та механічними параметрами.

До електричних параметрів належать:

- максимальна сила вторинного струму в режимі короткого замикання або під час зварювання;
- номінальна сила вторинного струму;
- максимальна потужність зварювальної машини;
- тривалість увімкнення ПВ = $t_{св}/(t_{св} + t_{п})$, де $t_{св}$ і $t_{п}$ час зварювання і час паузи між імпульсами струму;
- номінальна вторинна напруга і межі її регулювання (кількість ступенів);
- вид навантажувальної характеристики (залежність сили струму від опору деталей).

Величину ПВ враховують при оцінці технологічних можливостей і розрахунку допустимих навантажень машини. Експлуатація контактної машини за номінальних значень ПВ і сили зварювального струму унеможливорює перегрів обмоток трансформатора і зварювального контуру.

Механічними параметрами контактних зварювальних машин є:

- номінальні та максимальні зусилля стиснення електродів;
- можливість програмування зусилля стиснення (попереднє обтиснення F_c , зусилля під час зварювання $F_{св}$, зусилля проковки F_k);
- точність установки електродів по відношенню до деталей;
- жорсткість елементів вторинного контуру, що впливає на ступінь викривлення деталей після зварювання.

Машини для точкового зварювання поділяють на універсальні та спеціальні. Універсальні зварювальні машини можна розділити на стаціонарні, підвісні та зварювальні роботи. До спеціальних машин належать багатоточкові (багатоелектродні) зварювальні машини і

зварювальні преси, які можуть бути вбудовані в автоматичні лінії.

Стационарні точкові машини застосовують для зварювання малогабаритних і простих кузовних деталей типу підсилювачів, кронштейнів, поперечок тощо. Найбільш поширені в промисловості, особливо для зварювання тонколистових сталей товщиною до 2,5 мм, стационарні однофазні машини промислової частоти серії МТ. Під час зварювання на стационарних зварювальних машинах використовують універсальне оснащення (рис. 15.45).



Рисунок 15.45 – Зовнішній вигляд стационарної точкової зварювальної машини

Підвісні точкові машини застосовують під час зварювання великогабаритних складальних одиниць типу боковин, крил, які важко зварювати із застосуванням стационарних точкових машин. Вони поділяються на підвісні машини з вбудованими трансформаторами і машини з окремо розташованими трансформаторами, але пов'язаними з робочим елементом машини (кліщами) гнучким кабелем великого перерізу.

У машинах подібного типу застосовуються гнучкі кабелі завдовжки до 3000 мм, перетином до 300 мм², навиті з тонкого мідного дрого діаметром 0,08–0,15 мм. Для запобігання перегріву і підвищення щільності струму їх охолоджують проточною водою.

Кліщі підвісної машини мають пневматичний або гідравлічний привід. Конструкції застосовуваних кліщів дуже різноманітні, оскільки вони залежать від форми зварюваних кузовних деталей.

Пневматична, гідравлічна та електрична апаратура монтується зазвичай на кожусі трансформатора.

У підвісних машинах із вбудованим трансформатором останній розміщений разом із кліщами і являє собою з ними єдину конструкцію. Завдяки малим розмірам вторинного контуру і

незначному його опорі істотно знижуються потужність і маса зварювального трансформатора, відпадає необхідність у водяному охолодженні вторинного контуру.

Спеціальні багатоелектродні зварювальні машини застосовують у масовому виробництві під час зварювання великогабаритних складальних одиниць з великою кількістю зварних точок. Ці машини забезпечені системою електродів і механізмів створення зусилля стиснення деталей у місці зварювання.

Застосування багатоелектродних машин дає змогу автоматизувати процес точкового зварювання і скоротити час проведення зварювальних операцій. Одночасно поліпшуються умови праці, підвищується точність розміщення зварних з'єднань і їхня якість, знижується собівартість. На сучасних автомобільних заводах, багатоелектродні зварювальні машини дедалі ширше використовують для зварювання вузлів кузова,

Для спрощення конструкції багатоелектродних машин необхідну кількість точок зварювання розподіляють між кількома машинами, встановленими в лінію. За наявності важкодоступних для зварювання на багатоелектродних машинах місць на лінії передбачають підвісні точкові машини зі спеціальним оснащенням. Продуктивність сучасних багатоелектродних машин становить 500 складальних одиниць на годину і вище.

Принципова схема багатоелектродної машини з електромеханічною системою підйому столу показана на рис. 15.46.

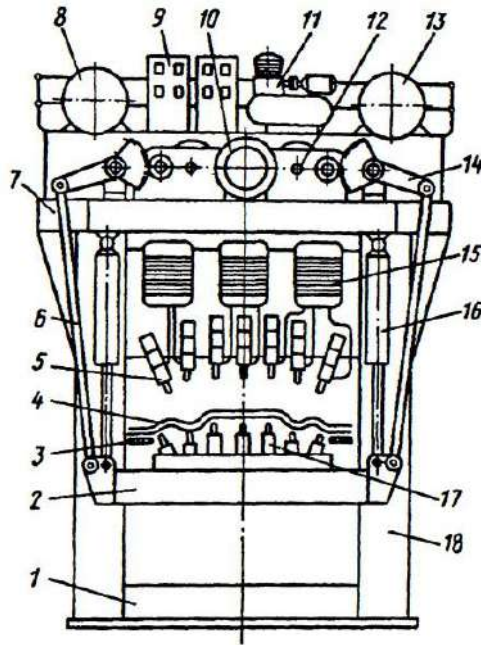
Деталь 4, що зварюється, транспортувальним пристроєм 3 переноситься і укладається на контрелектроди 17, встановлені на рухомому столі 2.

Потім за допомогою електродвигуна 10 через редуктор 12, важелі 14 з ексцентриковими дисками і шатуни 6 проводиться підйом столу 2 з деталлю 4, яка підводиться під електроди зварювальних пістолетів 5. Необхідна плавність ходу столу забезпечується врівноважувальними пневмоциліндрами 16.

Зварювальні пістолети 5 являють собою пневмоциліндри різних конструктивних виконань, на штоках яких встановлені рухомі зварювальні електроди. Під час подавання стисненого повітря в порожнини пістолетів рухомі електроди переміщуються вниз, затискають деталь, що зварюється, і, взаємодіючи з контрелектродами, виконують зварювання одночасно в декількох точках. Зварювальні

пістолети приводяться в дію стисненим повітрям підвищеного тиску, що створюється повітряним компресором дотиснення 11.

Для точкового зварювання складних складальних одиниць застосовують також багатоелектродні зварювальні машини пресового типу, які мають деякі аналогічні вузли з пресами для листового штампування. Ці машини мають підвищену величину ходу рухомого столу, що дає змогу використовувати їх для зварювання деталей довільної форми з розташуванням зварних з'єднань у різних просторових положеннях.



- 1 – основа; 2 – рухомий стіл; 3 – транспортувальний пристрій;
- 4 – деталь, що зварюється; 5 – зварювальні пістолети;
- 6 – шатуні механізму підйому столу; 7 – верхня плита;
- 8, 13 – ресивери; 9 – пневмоапаратура; 10 – електродвигун;
- 11 – компресор дотиснення; 12 – редуктор; 14 – важіль механізму підйому столу; 15 – зварювальні трансформатори;
- 16 – пневмоциліндри; 17 – контролеktроди; 18 – колони станини

Рисунок 15.46 – Схема багатоелектродної машини з електромеханічною системою підйому столу

На них можливе застосування змінного оснащення (зварювальних штампів) для зварювання різних складальних одиниць, що збільшує завантаження обладнання і розширює сферу його ефективного використання.

Для забезпечення високої продуктивності обладнання та отримання якісного зварного з'єднання під час роботи на контактній машині має бути встановлений оптимальний режим зварювання.

Основними параметрами режиму, як уже зазначалося, є сила зварювального струму $I_{св}$, зусилля стиснення $F_{св}$ електродів і час проходження імпульсу зварювального струму $t_{св}$. Для точкових машин застосовувані режими умовно поділяють на м'які та жорсткі.

В основі такого поділу лежать щільність струму (відношення сили струму до площі контактної поверхні) і тривалість імпульсу. Більше значення густини струму і менша тривалість імпульсу відповідають більш жорстким режимам.

В умовах масового або великосерійного виробництва застосування м'яких режимів недоцільне, оскільки продуктивність їх нижча, витрата електроенергії більша, і значні залишкові деформації. З доступних режимів роботи, режим А є основним, його застосовують для чистих, добре прилеглих кромek двох деталей товщиною до 1,5 мм. Його відносять до групи особливо жорстких.

Режими Б і В менш жорсткі. На режимах Б і В зварюють деталі з максимально допустимими зазорами, з недостатньо добре підготовленою під зварювання поверхнею, а також деталі товщиною понад 1,5 мм. Режим Г рекомендується для швидкісних методів зварювання на підвісних і стаціонарних точкових машинах, укомплектованих сучасною електропневмоапаратурою з точними відліками параметрів. Режим Г належить до особливо жорстких, проте час проходження зварювального струму скорочено з метою підвищення продуктивності. Для цього режиму зварювані кромки мають бути чистими і добре прилягати одна до одної.

Зварювальні машини для рельєфного зварювання відрізняються від машин для точкового зварювання підвищеною жорсткістю станини і кронштейнів, високою точністю переміщення верхньої електродної частини, невеликим вильотом і мають плити з Т-подібними пазами для закріплення електродів і пристосувань.

Привід механізму стиснення машини зазвичай виконують пневматичним із напрямним пристроєм на підшипниках кочення, що

дає змогу забезпечити досить високі показники динамічної характеристики приводу.

Для рельєфного зварювання в автомобілебудуванні також здебільшого застосовуються жорсткі режими, схожі з режимами точкового зварювання.



Рисунок 15.47 – Зовнішній вигляд машини для шовного зварювання

Машини для шовного зварювання відрізняються від машин для точкового зварювання конструкцією електродів, наявністю ковзних контактів у вторинному контурі та приводом обертання електродів (рис. 15.47).

До спеціальних машин для шовного зварювання відносять багатороликові машини, для зварювання великогабаритних виробів застосовують підвісні шовні машини. Для забезпечення необхідних параметрів режиму зварювання, завдання необхідної схеми циклу і виконання інших функцій контактні машини оснащуються апаратурою управління.

За допомогою цієї апаратури виконується: увімкнення і вимкнення зварювального струму, регулювання його сили, тривалості та форми імпульсу; регулювання послідовності окремих етапів циклу зварювання; стабілізація параметрів режиму зварювання; увімкнення, вимкнення та регулювання зусилля стиснення електродів; зміна швидкості обертання роликів (для шовних машин) тощо.

Апаратура керування є найважливішою частиною сучасного обладнання контактного зварювання, за останній час вона істотно ускладнилася. Від неї значною мірою залежить продуктивність машин, їхні технологічні можливості та якість зварних виробів.

Контактори призначені для вмикання і вимикання струму

первинних обмоток трансформаторів контактних машин. Найбільш економічні та ефективні тиристорні контактори.

Регулятори циклу зварювання забезпечують певну послідовність і регулювання тривалості операцій зварювального циклу. Багато сучасних регуляторів дають змогу регулювати величину і час проходження зварювального струму, здійснювати його модуляцію.

Синхронні переривники призначені для синхронного вмикання і вимикання струму первинних обмоток трансформаторів контактних машин, регулювання його величини і тривалості проходження.

Пневматична і гідравлічна апаратура здійснює управління роботою пневматичного і гідравлічного приводів контактних машин.

Виробництво штампово–зварних вузлів кузова, що мають різноманітну форму, потребує великої кількості інструментального оснащення. До інструменту контактних зварювальних машин належать консолі, електродотримачі, електроди, а також зварювальні кліщі та пістолети.

Консолі, електродотримачі та електроди є частиною вторинного контуру стаціонарних машин для точкового зварювання, через них проводиться підведення струму до місця зварювання.

Консолі, крім цього, служать для сприйняття зусилля стиснення зварюваних деталей і повинні мати достатню жорсткість. На кінці консолі є болтове кріплення для електродотримача. Консолі виготовляють із міді марки МІ або зі сплавів на мідній основі.

Електродотримачі служать для кріплення електродів і залежно від способу цього кріплення мають різну конструкцію. Їх виготовляють з різних марок бронз (хромової – БрХ, кадмієвої – БрКд та ін.).

Електроди є найбільш навантаженим інструментом зварювальних машин. Безпосередньо контактуючи зі зварюваним виробом, вони сприймають як температурний, так і силовий вплив і тому найшвидше зношуються. Для виготовлення електродів застосовуються різні марки бронз (найчастіше хромова – БрХ).

Електроди повинні відповідати таким вимогам:

- висока тепло– і електропровідність за нормальної та підвищеної температури;
- достатня міцність, необхідна для передачі великих тисків, і високий опір зминанню;

- висока стійкість до окислення при нормальній і підвищеній температурі;
- відсутність зварюваності з металом виробу і мала міцність прилипання бризок розплавленого металу;
- висока температура розупрочнення;
- хороша оброблюваність матеріалу електрода і низька собівартість.

Різноманітність конструкцій електродів зумовлена способом контактного зварювання, конфігурацією виробів у місці з'єднання, товщиною деталей, формою і розмірами контактної поверхні, способом кріплення в електродотримачі, необхідністю підведення охолоджувальної рідини та іншими факторами.

Електроди точкових машин у більшості випадків з'єднуються з електродотримачами з використанням конічної посадкової поверхні. Конічне різьблення застосовується рідко внаслідок утрудненого знімання електродів через можливе зім'яття різьблення. Для підведення води, що охолоджує робочу поверхню, в електродах виконуються спеціальні канали.

Для рельєфного зварювання застосовують електроди, конструкція яких залежить від типу з'єднання і форми виробу. Розмір їхньої робочої поверхні зазвичай не має суттєвого значення, оскільки площа контакту визначається формою зварюваних поверхонь у місці зіткнення. Під час багаторельєфного зварювання важливо забезпечити паралельність робочих поверхонь електродів для рівномірного розподілу струму і зусилля по рельєфах.

Електроди шовних машин виготовляються у вигляді дисків (роликів), діаметр яких перебуває в межах 100–400 мм. Робоча поверхня електродів виконується циліндричною або тороїдальною.

Ширину циліндричної робочої поверхні залежно від товщини деталі s визначають зі співвідношення $b = 2s + 2$ мм. Загальну товщину диска електрода приймають зазвичай рівною $2b$.

Матеріали для електродів рельєфних і шовних машин ті самі, що і для електродів точкових машин.

Складально-зварювальне оснащення слугує для базування і взаємного орієнтування частин складальних одиниць щодо зварювального інструменту (електродів, зварювальних кліщів тощо). З її використанням виконуються операції прихватки і зварювання деталей у складальній одиниці. Застосування складально-

зварювального оснащення скорочує час виконання технологічних операцій, забезпечує задану точність геометричних розмірів і якість складання–зварювання, полегшує працю операторів і підвищує безпеку виконання робіт.

Оснащення складається зі стандартизованих і спеціальних елементів, які розробляються відповідно до форми і розмірів кожної конкретної деталі та складальної одиниці. До спеціальних елементів конструкції оснащення належать основа (плита, пластини, зварний каркас), опорні елементи (стійки), закріплювальні, фіксувальні та допоміжні пристрої.

Оснащення залежно від складності конструкції підрозділяється на пристосування, шаблони і кондуктори.

Складально–зварювальним пристосуванням називається пристрій, який використовується для таких операцій: установлення деталей, що збираються, у положення з найкращим доступом зварювального інструменту; взаємного орієнтування частин складальної одиниці в зручне для виконання складальних та оздоблювальних (зачищення, виправлення, вирівнювання) операцій положення; орієнтування зварювальних поверхонь відносно електродів; створення зворотнього прогину деталей, що збираються, для запобігання утворенню під час зварювання неприпустимих деформацій; формування поверхні шва; подачі до металу; подача до зварювального інструменту.

Складально–зварювальні пристосування можна використовувати під час будь–якого виробництва зварних конструкцій, вони входять до механізованих і автоматичних ліній.

За характером виконуваних операцій пристосування можуть бути складальними, складально–зварювальними та зварювальними; залежно від призначення – універсальними та спеціальними; залежно від способу монтажу та характеру роботи – стаціонарними, пересувними, поворотними; з ручним і механізованим приводом.

Універсальні складально–зварювальні пристосування найчастіше застосовують у дрібносерійному та одиничному виробництві, коли створювати спеціальні пристосування недоцільно.

Їх використовують для виготовлення однотипних виробів різних розмірів. Перевагами цих пристосувань є можливість їх переналадження під час зміни продукції, що випускається, відносна простота конструкції, незначні витрати на виготовлення, а недовіком

– менш продуктивна робота, ніж під час використання спеціальних пристосувань. За допомогою універсальних пристосувань вирішують основне завдання – установку і закріплення деталей, переміщення або обертання виробів, що зварюються.

До їхнього складу входять набори фіксувальних і затискних елементів (гвинтові струбцини, пружинні затискачі, ручні лещата тощо).

Спеціальні пристосування застосовують переважно у великосерійному і масовому виробництві. У дрібносерійному виробництві їх використовують, коли неможливо зібрати складальну одиницю з необхідною точністю за розміткою або в універсальному пристосуванні. Спеціальні пристосування забезпечують високу якість і продуктивність праці.

За способом переміщення складально–зварювальні пристосування поділяють на стаціонарні, постійно встановлені відносно робочого місця оператора або зварювального інструменту, і переміщувані, до яких належать: пересувні, встановлені з можливістю поступального переміщення відносно робочої зони зварювального інструменту, та поворотні, що мають можливість повороту навколо координатних осей.

Стаціонарні пристосування призначені для роботи зі стаціонарними і підвісними зварювальними машинами. Їх виконують у вигляді столу з фіксувальними (базувальними) і затискними елементами, постійно закріпленими відносно баз складальної одиниці загалом або її складових частин. Найпростішими є пристосування для підвісних машин, найскладнішими – для багатоелектродних машин.

Поворотні пристосування – легкі кантувальники або пристрої, що дають змогу фіксувати просторове положення складальних одиниць (позиціонери), – призначені для випадків, коли складання–зварювання необхідно вести з різних боків складальної одиниці.

Фіксувальні та затискні елементи таких пристосувань монтуються на поворотному столі з вертикальною (рідше похилою) віссю обертання або на балці (рамі) з можливістю обертання навколо горизонтальної осі.

Пристосування зі встановленими в них виробами можуть мати одночасно поступальне і обертальне переміщення на конвеєрі або човникове (зворотно–поступальне) переміщення щодо робочої зони зварювальної машини. При застосуванні пристосувань, що

переміщуються, підвищується продуктивність праці завдяки використанню вузькоспеціалізованого і зручнішого інструментального оснащення і скорочується кількість необхідного зварювального обладнання. По відношенню до зварювальної машини складально-зварювальні пристосування можуть бути виконаними окремо від неї, встановленими на зварювальній машині і вбудованими в неї. Дрібні пристосування часто монтуються на елементах вторинного контуру зварювальних машин.

Шаблони – найпростіші пристрої для виконання складально-зварювальних операцій, які призначаються для взаємного орієнтування і зварювання деталей і складальних одиниць з малогабаритними нескладними за конструкцією деталями і складальними одиницями, що мають малу кривизну поверхні.

Шаблони використовують під час зварювання, коли вимоги до точності взаємного розташування складових частин складальних одиниць невисокі. Шаблони можуть бути переносними (ручними), а також суміщеними з оснащенням універсальних зварювальних машин і вбудованими в збірно-зварювальне оснащення.

Кондуктори – це відносно складні пристрої, що характеризуються наявністю напрямних механізмів, які забезпечують з'єднання деталей і складальних одиниць у визначеному положенні, приводних механізмів, що дають змогу встановити зварювані деталі та складальні одиниці у зручне (для оператора чи устаткування) положення, і механізмів знімання складальних одиниць і виробів.

Кондуктори застосовують для складання, прихватки і зварювання середніх і великих складальних одиниць кузовів і кабін. Залежно від цього кондуктори поділяються на середні та великі.

Великі кондуктори, призначені для остаточного формування кузова або kabіни, називаються головними кондукторами. Головні кондуктори, що містять у собі вбудовані шаблони і зварювальне обладнання, що працює в автоматичному режимі, дають змогу з використанням точкового зварювання підготувати кузов (кабінку) для остаточного зварювання у вільному стані без порушення її геометричних параметрів. Вони складаються зазвичай зі складної основи (станини), на якій закріплені фіксатори різної конструкції і необхідна кількість затискачів.

Для складання-зварювання каркасів кузовів автобусів та їхніх великих складальних одиниць застосовують великі складально-

зварювальні стенди (стапелі), які можуть бути стаціонарними і пересувними. Якість складання–зварювання складальних одиниць кузова (кабіни) багато в чому залежить від правильності розташування фіксаторів, затискачів, упорних пристроїв у складально–зварювальному оснащенні, від ретельності підгонки контрелектродів і вбудованих пристосувань у багатоточкових машинах.

Розміри фіксаторів, упорних пристроїв, затискачів кондукторів змінюються внаслідок зносу опорних поверхонь, ослаблення кріплень та інших причин. Особливо значно зношуються робочі поверхні електродів і вбудованих у пристосування мідних пластин, що застосовуються для безслідного зварювання, які вимагають частого припасування.

При великій кількості фіксаторів, встановлених у різних просторових положеннях, ускладнюється їх підгонка. Для цих цілей застосовують майстер–макети, за якими проводять налагодження складально–зварювального оснащення під час його виготовлення і ремонту. Вони являють собою об'ємні конструкції, що точно відтворюють сполучувані поверхні деталей і складальних одиниць.

Номенклатуру майстер–макетів встановлюють під час підготовки виробництва нових моделей кузовів (кабін). Майстер–макети і кондуктори повинні мати єдині установчі бази. Під час налагодження кондуктора майстер–макети встановлюють у нього на спеціальні фіксувальні упори, попередньо, якщо необхідно, демонтують частини кондуктора, такі, як пневмоциліндри, підтримувальні стійки, блочки тощо. Після цього виконують перевірку і налагодження всіх робочих частин кондуктора. Відхилення робочих поверхонь оснащення, виготовлених за майстер–макетом, має бути в межах $\pm 0,5$ мм.

Останнім часом під час виготовлення і налагодження складально–зварювальних кондукторів замість майстер–макетів використовують вимірювальні трикоординатні машини. Рухомі вимірювальні елементи таких машин дають змогу виконувати вимірювально–розміточні операції з точністю $\pm 0,05$ мм.

У складально–зварювальному оснащенні широко використовують фіксувальні та затискні пристрої. Під час їх вибору виходять із форми і розмірів деталей, що збираються, необхідних зусиль стиснення, вимог безпеки робіт. У великосерійному і масовому виробництві для фіксації середніх і великих деталей і складальних

одиниць застосовують упори, фіксатори і штирі. Упори можуть бути різного типу: плоскі, круглі та фігурні. Якщо за умовами збирання потрібне неодноразове знімання виробу в процесі збирання–зварювання з пристосування, то застосувати жорстко встановлені фіксувальні елементи не можна, у цьому разі використовують рухомі фіксатори або упори, що відкидаються.

Особливою різноманітністю відрізняються конструкції затискних пристроїв. Привід затискних пристроїв може бути ручним (клинові, гвинтові, ексцентрикові, важільні та інші затискачі), електромеханічним, пневматичним, гідравлічним, електромагнітним.

Ці приводи застосовують залежно від форми і розмірів складових частин складальних одиниць, необхідних точних характеристик виробу і зусиль стиснення, а також від виду виробництва. Для міжопераційного транспортування деталей і складальних одиниць у цехах збирання–зварювання використовують різні транспортувальні пристрої: візки, склизи, конвеєри різних конструкцій, кран–балки і мостові крани.

Вид міжопераційної тари залежить від форми і маси деталей, що зварюються, а також від програми випуску. Для передачі складальних одиниць у механізованих лініях застосовують підлогові та підвісні конвеєри, а також пристрої для передавання деталей і складальних одиниць із міжопераційних накопичувачів.

У сучасних виробництвах кузовів і кабін як основне технологічне обладнання широко застосовуються промислові роботи. Промисловий робот являє собою автоматичний маніпулятор, забезпечений системою управління – Робочий орган робота (рука) має від трьох до шести ступенів свободи.

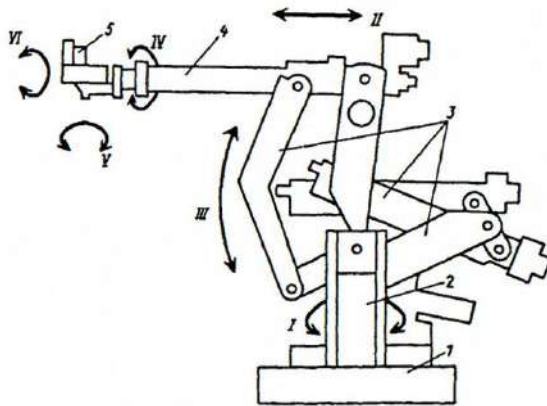
Його призначенням є переміщення об'єкта за певною траєкторією в задану точку і орієнтування в певному положенні. Система управління забезпечує пристрою необхідну пам'ять і переналадження в інший цикл операцій, допускає об'єднання роботів у групу, а також можливість управління від ЕОМ.

Для точкового зварювання під час виробництва кузовів (кабін) автомобілів широке застосування знайшли роботи фірм «Unimate» (США), «ARO Welding Technologies» (Франція), «Kawasaki Robots» (Японія), «KUKA Systems GmbH» (Німеччина), які відрізняються системами приводу, розташуванням зварювальних кліщів і трансформаторів.

Для контактної і точкової зварювання сталі застосовують різні моделі промислових роботів (рис. 15.48). Для прикладу, на рис. 15.49, показана конструктивна схема промислового робота ПР 601/60.



Рисунок 15.48 – Загальний вигляд промислового робота точкової зварювання (виробництво BMW)

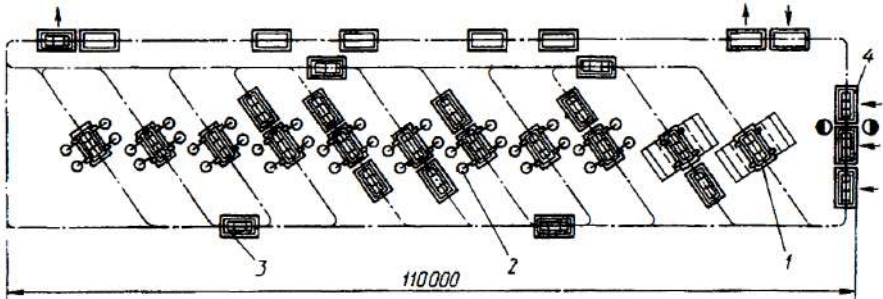


1 – основа; 2 – колона; 3 – важелі;
4 – рука; 5 – поворотна головка

Рисунок 15.49 – Конструктивна схема робота для точкової зварювання ПР 601/60

Робот має шість ступенів свободи (I–VI), продуктивність його при точковому зварюванні – 60 точок за хвилину. Робот ПР 601/60 розрахований на навантаження на руці 600 Н за нормальної швидкості роботи.

На рис. 15.50 зображено схему технологічної лінії зварювання кузова із застосуванням роботів, та на рис. 15.51 фрагмент такої лінії.



1 – позиція прихватки; 2 – зварювальні позиції з роботами;
3 – рухомі платформи; 4 – позиції завантаження

Рисунок 15.50 – Гнучка технологічна лінія із застосуванням роботів і рухомих платформ для зварювання кузова

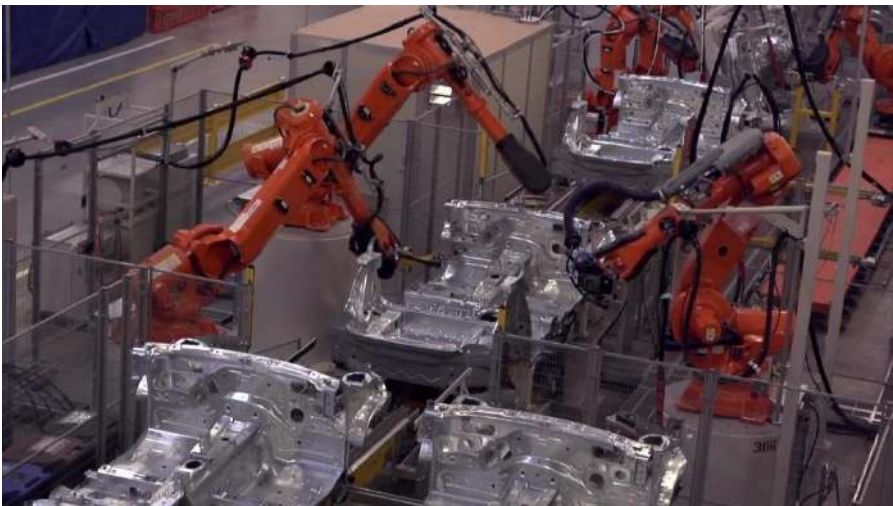


Рисунок 15.51 – Фрагмент технологічної лінії з роботами зварювання днища кузова автомобіля

Приклади роботизованих ділянок зварювання кузовів і кабін наведені на рис. 15.52, 15.53, 15.54.



Рисунок 15.52 – Роботизована ділянка зварювання кузовів BMW

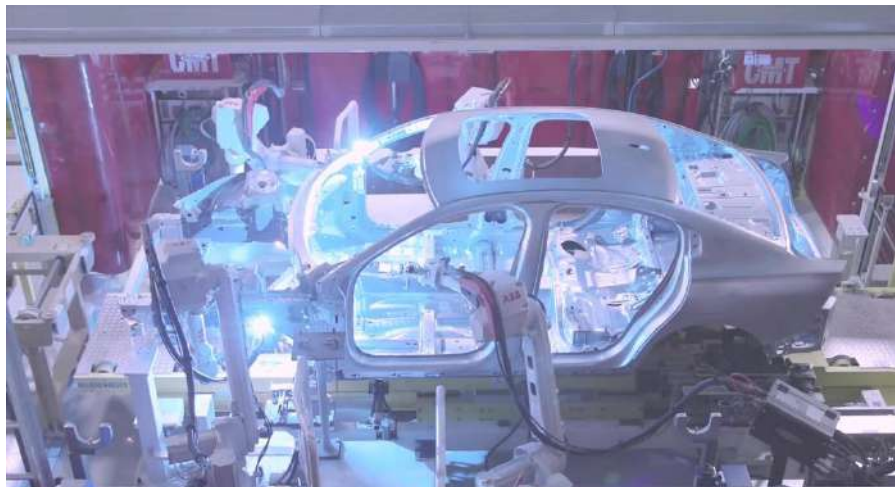


Рисунок 15.53 – Процес зварювання роботами кузова Volvo S60

У кузовобудуванні в складально–зварювальних цехах використовують дві основні форми складання виробів: стаціонарну і

поточну. **Стационарне складання** здійснюється при нерухомому об'єкті, тобто без переміщення складальної одиниці. Воно характерне для одиничного і дрібносерійного виробництва, для складання–зварювання кузовів автомобілів представницького класу, кузовів автобусів та їхніх складальних одиниць.



Рисунок 15.54 – Роботизована ділянка зварювання кабіни вантажного автомобіля SCANIA

У масовому і великосерійному виробництві стаціонарне складання використовується для виготовлення дрібних і середніх складальних одиниць, при цьому можуть використовуватися роботизовані технологічні комплекси (РТК).

Складальні одиниці середньої складності в стаціонарних умовах зварюються в пристосуваннях або кондукторах з використанням підвісних або на багатоточкових зварювальних машинах. Велике стаціонарне вузлове і загальне складання здійснюється на стендах і кондукторах, розташованих по черзі в послідовності виконання операцій технологічного процесу.

Безперервно–потокове складання характерне для великосерійного і масового виробництва. Час виконання окремих складально–зварювальних операцій при цьому має бути приблизно однаковим або кратним такту лінії. Безперервно–потокові лінії

передбачають синхронізацію операцій технологічного процесу. Конвеєрні лінії також належать до безперервно–потоккових, оскільки складання–зварювання виконують без знімання виготовлених складальних одиниць із конвеєра, який слугує одночасно засобом підтримання на лінії заданого ритму.

Безперервно–потоккове складання характерне для виготовлення великих складальних одиниць і безпосередньо кузовів (кабін) сучасних автомобілів. Найдосконалішою формою безперервно–потоккової роботи є складально–зварювально–роздільні лінії, які можуть бути механізованими, автоматизованими та автоматичними.

Механізована складально–зварювальна лінія – це потокова лінія, на робочих місцях якої складальні одиниці зварюють за допомогою механізованого інструменту, устаткування і оснащення в порядку проходження операцій технологічного процесу. Міжопераційне транспортування складальних одиниць здійснюють універсальним або малоспеціалізованим транспортом.

Комплексна механізована лінія – це потокова лінія, на якій працівники, що працюють у порядку, визначеному операціями технологічного процесу, окрім складання та зварювання виконують інші різні операції за допомогою спеціалізованого механізованого інструменту.

Автоматична складально–зварювальна лінія – це комплекс основного і допоміжного устаткування, на якому без безпосередньої участі людини виконується певна частина виробничого процесу складання–зварювання. Лінія має систему загального автоматичного управління, що забезпечує взаємодію всіх механізмів, пристроїв і апаратури.

Функції обслуговуючого персоналу зводяться до спостереження за роботою лінії та її налагодження. В окремих випадках початкові завантажувальні та кінцеві розвантажувальні операції і деякі складальні операції виконуються робітниками вручну або за допомогою неавтоматичних механізмів і пристроїв. Такі лінії носять назву автоматизованих або напівавтоматичних.

Потокові лінії, що застосовуються для складання–зварювання, оснащуються зазвичай такими механізованими й автоматизованими пристроями:

- автоматичними або ручними пристроями закладки деталей і знімання зібраних складальних одиниць;

- пристроями фіксації (рухомими столами, рухомими платформами тощо);
- конвеєрами різного типу;
- багатоточковими зварювальними машинами і зварювальними роботами;
- поворотними пристроями і кантувачами для здійснення зварювання в зручному положенні.

Для запобігання зупинкам зварювальних комплексів в автоматичних лініях на їхньому стику вбудовують автоматичні сховища–накопичувачі штабелерного або елеваторного типів, що забезпечують роботу протягом 3 годин.

Механізовані, автоматизовані й автоматичні лінії, що містять жорстко пов'язаний між собою ланцюжок багатоточкових зварювальних машин, роботів, спеціалізованих машин із системою завантажувально–розвантажувальних і транспортувальних пристроїв і накопичувачів, належать до жорстких ліній.

Основним недоліком цих ліній є неможливість їх переналагодження для складання–зварювання різних модифікацій кузовів автомобілів. Для значного скорочення періоду освоєння нової продукції, зменшення матеріально–виробничих витрат і збільшення коефіцієнта використання устаткування нині впроваджуються гнучкі автоматичні лінії, що забезпечують переналагодження на виготовлення кількох модифікацій кузовів із мінімальними витратами та в стислі терміни.

Застосування в таких лініях роботів з можливістю їх швидкого перепрограмування дає змогу здійснювати зварювання складальних одиниць у важкодоступних місцях з великою точністю, забезпечувати сталість числа зварних точок і велику механічну міцність зварювання.

Перевага роботів перед багатоточковими зварювальними машинами полягає в їхній універсальності та можливості завдяки переналагодженню і мінімальній зміні в елементах їхніх конструкцій зварювати різні з'єднання у вузлах кузовів нових моделей автомобілів.

Застосування міжопераційних накопичувачів складальних одиниць сприяє безперебійній роботі лінії і дає змогу забезпечити нормальну роботу всього виробничого циклу.

Розглянемо особливості складання–зварювання основних складальних одиниць кузовів (кабін) автомобілів.

Панель даху в деяких випадках є однією суцільноштампованою

деталлю, але частіше складається з основної панелі, з'єднаної точковим зварюванням з деталями, що підсилюють її.

Дах становить частину лицьової поверхні кузова (кабіни), тому за будь-яких варіантів технології виготовлення його зовнішню сторону укладають на електрод великої площі або мідну пластину для забезпечення безслідного зварювання. Залежно від типу виробництва і конструкції можливі три варіанти організації складання–зварювання.

За малих обсягів випуску складання–зварювання даху здійснюють на стаціонарних кондукторах (стендах) підвісними зварювальними машинами. У разі масового і великосерійного виробництва для зварювання даху застосовують багатоелектродні зварювальні машини у складі автоматичної лінії. Останнім часом для складання–зварювання вузла даху застосовують лінії з використанням роботів.

Підлога, конструкція якої залежить від класу автомобіля і його загальної конструкції, найскладніша у легкових автомобілів з несучим кузовом безрамної конструкції, простіша конструкція у підлоги кабіни вантажних автомобілів. Підлогу кузова легкового автомобіля, як правило, збирають із двох або трьох основних частин, що утворюють панель підлоги, яка потім з'єднується з каркасом.

Для складання–зварювання цього виробу застосовують різні варіанти. Варіант складання–зварювання основи кузова легкового автомобіля підвісними зварювальними машинами в стаціонарних пристосуваннях дуже трудомісткий і тому може бути застосований тільки для дрібносерійного виробництва. За невеликої програми випуску підлогу можна отримувати також зварюванням на спеціальних машинах розпірними пістолетами з пневмоприводом з остаточним зварюванням на поворотному кондукторі.

Для масового і великосерійного виробництва характерне збирання–зварювання підлоги на багатоточкових зварювальних машинах, вмонтованих у механізовані, автоматизовані та автоматичні лінії, організаційна побудова яких різна.

Лінія може складатися з єдиного зварювального комплексу, що охоплює збірку каркаса основи і з'єднання його потім із панелями підлоги, та окремих ділянок для складання–зварювання складових елементів основи, пов'язаних між собою системою конвеєрів або накопичувачів. Підлога кабіни вантажного автомобіля являє собою суцільноштамповану деталь, яка з'єднується з низкою дрібних деталей

і каркасом підлоги.

Ліву і праву боковини виділяють як самостійні складальні одиниці. Нині боковини виготовляють із суцільноштампованими прорізами дверей. Боковина легкового автомобіля в зборі крім основної панелі може містити крила і різні підсилювачі, а вантажного автомобіля – основну панель, підсилювачі та інші дрібні деталі (планки, кронштейни).

У дрібносерійному виробництві боковини, зафіксовані в стаціонарних пристосуваннях, зварюють підвісними зварювальними машинами. У великосерійному і масовому виробництві для виготовлення боковин застосовують конвеєрні автоматизовані лінії.

Спочатку виконують підкладання всіх складальних одиниць, що входять у боковину, на стаціонарних зварювальних машинах, а потім загальне складання. Автоматизовані лінії складання – зварювання правої і лівої боковин аналогічні і являють собою ланцюжок багатоточкових машин із системою конвеєрів, що забезпечують переміщення об'єкта, що зварюється. Кількість зварювальних постів обирають залежно від конфігурації боковини і кількості зварюваних точок. Нині для виготовлення боковин застосовують гнучкі автоматичні лінії.

Двері та інші навісні складальні одиниці збираються однаково для всіх автомобілів. Спочатку проводиться підбірка зовнішньої і внутрішньої панелей дверей, а потім зафланцювання і остаточне зварювання панелей між собою. Зафланцювання являє собою з'єднання панелей із застосуванням штампового оснащення.

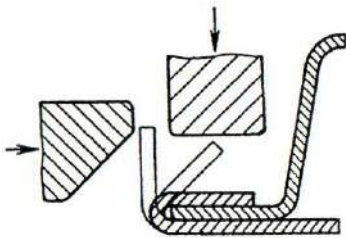


Рисунок 15.55 – Схема складання із застосуванням зафланцювання зовнішньої та внутрішньої панелей дверей

У процесі складання фланець зовнішньої панелі спочатку піддається попередньому (на 45°), а потім остаточному підгинанню (рис. 15.55).

За невеликої програми випуску виробів для складання–зварювання дверей використовують універсальні точкові машини для внутрішніх панелей дверей, і стаціонарні поворотні пристосування з підвісними зварювальними машинами.

У разі масового і великосерійного виробництва складання–зварювання дверей здійснюють на багатоточкових машинах, вмонтованих в автоматичні або механізовані лінії. Лінія може складатися як з єдиного зварювального комплексу, що містить початкове складання–зварювання внутрішніх панелей, а потім їхнє загальне складання із зовнішніми панелями, зібраними окремо від лінії, так і з дільниць (збирання–зварювання внутрішніх і зовнішніх панелей та дверей загалом), пов'язаних між собою системою конвеєрів і накопичувачів.

Виготовлення лівих і правих дверей виробляють, як правило, на окремих лініях. Нині для виготовлення дверей застосовують і гнучкі роботизовані лінії.

Остаточне складання–зварювання кабін вантажних автомобілів має відмінності від аналогічного процесу для кузовів легкових автомобілів. Це пов'язано з тим, що кабіни не є несучими конструкціями, їх закріплюють на рамі, що сприймає основне навантаження. Загальний обсяг зварювання для них у 2–3 рази менший, ніж для кузовів легкових автомобілів. Застосовуваний для остаточного складання–зварювання технологічний процес залежить від масштабів виробництва.

Типовий процес складання–зварювання кабін для масового виробництва містить такі операції:

- складання всіх основних складальних одиниць, що складають кабіну;
- складання–зварювання кабіни;
- завершальна операція – доварювання.

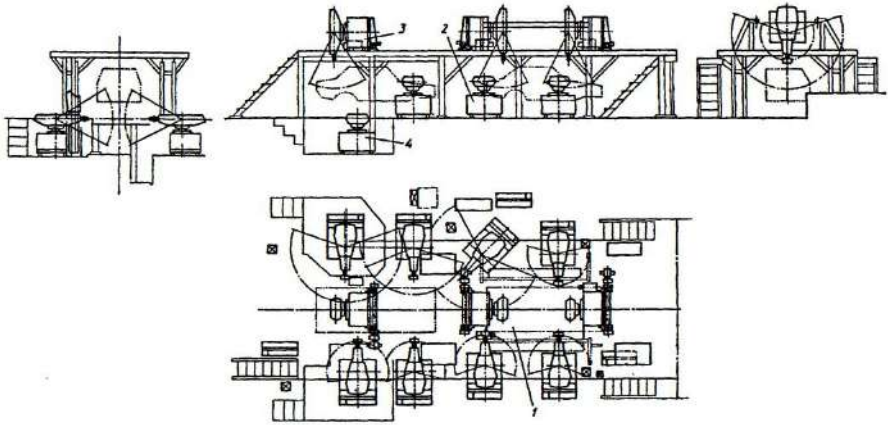
Для масового виробництва найдосконалішим процесом є складання–зварювання кабін на автоматичних лініях із широким застосуванням багатоточкових машин і роботів. На зварювальних лініях іноді є необхідність повороту кузова на 90° для передачі його на наступні зварювальні позиції.

Це завдання вирішується за допомогою спеціальних поворотних пристроїв, що встановлюються на лініях. Часто складання і попереднє зварювання кузовів і кабін здійснюють у кондукторах (рис. 15.56), а остаточне зварювання – на автоматичних роботизованих лініях. На рис. 15.57 показано роботизовану автоматичну лінію остаточного зварювання кузовів легкових автомобілів, що складається з семи позицій із розташуванням зварювальних роботів на різних рівнях.



Рисунок 15.56 – Процес зварювання кузова автомобіля Mercedes G-Class в кондукторі (завод Magna Steyr Austria)

Попередньо прихоплений кузов встановлюється на транспортний візок 1, який призначений для переміщення кузова між позиціями зварювальних роботів. Шість зварювальних роботів 2 встановлено на рівні нульової позначки підлоги, два роботи 4 – нижче рівня нульової позначки, а три роботи 3 встановлено на антресолі.



1– транспортний візок; 2–4 – зварювальні роботи

Рисунок 15.57 – Роботизована автоматична лінія остаточного зварювання кузова легкового автомобіля з розташуванням роботів на різних рівнях

Таке розташування зварювальних роботів дає змогу проводити точкове зварювання кузова з усіх боків і в більш повному обсязі. Рух візка між роботами здійснює гідропривід транспортного засобу. Кузов, проходячи послідовно між роботами, зварюється в 615 точках.

Складальні одиниці кузовів автобусів з'єднують точковим і дуговим зварюванням у середовищі захисних газів. Організаційна побудова складально–зварювальних операцій аналогічна.

Для виробництва платформ вантажних автомобілів у даний час також почали застосовуватися автоматичні лінії.

15.2.4 Встановлення навісних складальних одиниць

Після остаточного складання–зварювання кузова його укомплектовують навісними складальними одиницями, такими, як дверцята, кришка багажника, капот, а в низці випадків – передні і задні крилами, кришками люків тощо. Кузов із навісними складальними одиницями, підготовлений до фарбування, називають «чорним».

«Чорні» кузови (кабіни) виготовляють відповідно до

конструктивні особливості з'єднань. Крім вимог, що ставляться до монтажу навісних складальних одиниць на кузовах (кабінах), повинні дотримуватися вимоги щодо забезпечення нормального встановлення стекол і їх герметичності в отворах вітрового і заднього вікон.

Це стосується фланців, що утворюють отвір, поверхні їх прилягання, точності контуру. По всьому контуру фланців не допускаються задирки і нерівності, що погіршують якість монтажу скла. Для кузовів легкових автомобілів ці вимоги вищі, ніж для кабін вантажних автомобілів.

Перед встановленням навісних складальних одиниць виконують низку підготовчих операцій. Кузов, що надійшов з лінії остаточного зварювання, піддають візуальному контролю з метою виявлення вм'ятин, виплесків у місцях точкового зварювання та інших дефектів.

У разі виявлення дефектів їх усувають зачищенням поверхні кузова, а також проведенням окремих рихтувальних і підгоночних операцій. Рихтуванню і зачищенню за необхідності піддають і навісні складальні одиниці, що надійшли на складання.

Потім виконуються такі операції:

- підгонка за спеціальними шаблонами прорізів вітрових, задніх, а також бічних вікон на кузовах типу «універсал»;
- з'єднання з кузовом петель капота і кришки багажника, а також інших деталей, які легше і зручніше закріпити перед установкою навісних складальних одиниць.

Установку і регулювання кришки багажника за зазорами і сполученням поверхонь виконують насамперед, незалежно від конструкції кузова, оскільки кришка багажника має свій окремий отвір. Кришка багажника повинна забезпечувати хорошу герметичність, надійно утримуватися у відкритому положенні, легко і вільно замикатися замком, а збіг поверхні її в закритому положенні з прилеглими поверхнями кузова має відповідати допускам за кресленням і технічними умовами.

Правильне положення кришки багажника, за якого між нею і крайками прорізу витримуються рівномірні зазори, досягається регулюванням положення петель на кришці та на кузові і роботою замка. Щоб установка кришки багажника на кузові була правильною, її положення імітують, використовуючи для регулювання установчі деталі і блочки, які встановлюють у паз ущільнювача багажника.

У закритому положенні перевіряють зовнішній зазор, а також

сполучення з поверхнею прорізу, а у відкритому – надійне утримування кришки і величину розкриття, тобто розмір від нижньої крайки прорізу до нижньої задньої кромки піднятої кришки. Після остаточного припасування і контролю установчі деталі і блочки демонтують.

Установку і регулювання дверей за зазорами і сполученням зовнішніх поверхонь на кузові з приварними задніми крилами починають із задніх дверей, їх навішують на кузов і попередньо регулюють. Базою для регулювання за зазорами є контур задніх крил, пороги боковин і ринв, а за сполученням – їхні зовнішні поверхні.

Для визначення правильності встановлення дверцят відносно осі кузова на задні кромки дверцят у місці кріплення замків надягають двосторонні настановні блочки, що повторюють номінальні та максимальні розміри фальцевого зазору. У цьому разі установчі блочки виконують функції замків дверей і клямок. Їхнє встановлення і зняття – трудомісткі операції. Щоб забезпечити можливість регулювання дверей, болти і гвинти остаточно не затягують.

Одночасно з приєднанням і регулюванням задніх дверцят на кузов встановлюють передні крила, але не закріплюють їх остаточно, щоб відрегулювати за зазорами після встановлення передніх дверцят, оскільки в іншому разі передні крила незручно навішувати на кузов.

Базою для попереднього встановлення передніх крил є зазори між крилом і верхньою панеллю передка, між крилом і порогом боковини, а також збіг зовнішніх поверхонь крила і порога. Після цього передні двері навішують і регулюють за зазорами аналогічно заднім. Базою для регулювання слугують зазори між дверима, порогами боковин і водостічних жолобків, а за сполученням – задні дверцята і пороги боковин.

У разі необхідності остаточно регулюють дверцята по зазорах і сполученню поверхонь, після чого петлі прикріплюють до кузова і дверцят. При цьому установчі блочки виконують функції обмежувачів відкривання дверей для фіксації їх у певному положенні.

Передні крила закріплюють відповідно до настановних зазорів, а також з урахуванням зазору між попередньо встановленими передніми дверима. За наявності приварених передніх крил, можна спочатку встановлювати і регулювати передні двері. Останнім часом широкого поширення набула конструкція дверцят із приварними петлями, що спрощує регулювання дверцят.

Але така конструкція вимагає високої якості дверних прорізів і точності розмірів дверцят. На низці зарубіжних автомобільних заводів приварювання петель до дверей і припасування дверей до кузова автоматизовані, а контроль цієї операції здійснюється ЕОМ.

Установка і регулювання капота за зазорами завершує укомплектування кузова навісними елементами. Для цього капот попередньо кріплять до кузова, не затягуючи болти, регулюють за зазорами відносно поверхні нижньої панелі передка і стійки верхньої панелі облицювання радіатора, що забезпечує його правильне положення.

Для регулювання використовують установчі передні (задні) і бічні блочки, вкручують штир замка капота і фіксують його контргайкою. Змінюючи положення настановних блочків і замка капота, остаточно регулюють капот за зазорами з сполученими деталями, і потім встановлюють його.

При цьому перевіряють роботу петель (вони повинні відчинятися одночасно), замка і штиря капота. Капот повинен легко відчинятися і зачинятися і зберігати в закритому положенні необхідні зазори і сполучення по поверхні з іншими деталями.

Після завершення укомплектування навісними складальними одиницями виконується операція рихтування лицьової поверхні кузова (кабіни), утвореної після встановлення кришки багажника, капота, дверей і навісних крил.

Якщо для забезпечення якості лицьової поверхні після рихтування потрібне вирівнювання, то має бути передбачено застосування припою або пластмас.

Зниження трудомісткості операцій укомплектування і рихтування кузовів є актуальними напрямками вдосконалення технології та організації виробництва.

Для встановлення навісних складальних одиниць застосовують електричні та пневматичні різьбозакручувальні машини, гайкові та спеціалізовані кріпильні ключі, викрутки та інший складальний інструмент.

Для рихтувальних робіт використовують різний інструмент: рихтувальні молотки та пилки, комплекти оправок, лотки, борідки, виколотки, зубила, шабери, напилки та ін., а також електричні та пневматичні шліфувальні машинки.

15.2.5 Контроль якості

Для забезпечення високої якості зварних з'єднань і точності розмірів складальних одиниць і кузова (кабіни) в цілому необхідний контроль на всіх етапах виробничого процесу. Обсяг і послідовність контролю за операціями встановлюють відповідно до технологічного процесу, виходячи з креслення виробу і технічних вимог.

Якість складальної одиниці характеризується насамперед якістю виконаних з'єднань. Якість з'єднань, одержуваних точковим зварюванням, визначається статичною міцністю кожної зварювальної точки, яка залежить від розмірів її ядра за умови відсутності дефектів у самому ядрі та зоні термічного впливу.

Залежно від сприйманих зварними з'єднаннями навантажень під час експлуатації автомобіля до них висувуються різні вимоги щодо якості зварювання. До міцнісних показників зварювання належать міцність зварювальної точки, кількість точок, їхній крок і розташування в з'єднанні. Міцність точки вважається задовільною, якщо діаметр ядра або міцність з'єднання на зріз буде не нижчою за встановлені межі. Зварна точка вважається якісною, якщо утворюється ядро сочевицеподібної форми заданого діаметра і необхідної глибини проплавлення.

З'єднання, розташовані на лицьовій поверхні, повинні мати мінімальні сліди зварювання. Розміри вм'ятин від електродів не повинні перевищувати допустимих меж. Якість зварювання складальних одиниць залежить також від ширини фланців або розміру їх перекриття. За малої ширини фланців або недостатнього перекриття можуть відбуватися виплески металу, що послаблює з'єднання, погіршує зовнішній вигляд виробу.

Мінімальна ширина фланців і перекриття для точкового зварювання має бути 12–14 мм. Це дає змогу в будь-яких просторових положеннях застосовувати сучасні методи зварювання, використовуючи високопродуктивне обладнання та оснащення. Для здійснення роботизованого точкового зварювання необхідно збільшити ширину фланців деталей до 16–17 мм.

Застосовуються такі **способи контролю якості зварювання**.

1. Візуальний контроль і вимірювання розмірів. Під час цього контролю перевіряють розташування зварних точок, наявність зовнішніх дефектів, величину деформації складальних одиниць.

Координати зварних точок контролюються універсальними засобами вимірювань за відбитками від електродів.

2. Вибіркове руйнування зварних з'єднань готових складальних одиниць. Перевіряється наявність литого ядра і його розмір, який визначається в площині з'єднання деталей. Допускається еліпсова форма литого ядра. У цьому разі контролюється його мінімальний розмір. Збільшення діаметра литого ядра понад допустимий не вважається браком, якщо це не призводить до погіршення якості за іншими показниками.

3. Контроль за технологічною пробою проводять під час визначення нового режиму зварювання і переналагодження зварювальної машини. Після коригування режиму зварювання проводять пробне зварювання на зразках, за яким судять про якість зварного з'єднання.

4. Вимірювання параметрів режиму зварювання. Спосіб контролю вказується в технологічній карті.

Дефекти зварних з'єднань кузова (кабіни) поділяються на зовнішні (пропали, зовнішні виплески металу, вм'ятини від електродів і нерівності за шириною і висотою зварних швів) і внутрішні (непровари, тріщини, газові та шлакові включення, внутрішні виплески тощо).

Непровари під час контактного зварювання можуть виникнути внаслідок недостатньої сили зварювального струму і великого зусилля стиснення електродів, а також за недостатнього часу зварювання і в разі зносу робочих поверхонь електродів. Щоб уникнути непровару, необхідно стежити за всіма параметрами режиму зварювання.

Пропали виникають у разі поганого очищення поверхонь крайок деталей, а також у разі недостатньо щільного їхнього контакту в місцях зварювання, особливо на криволінійних поверхнях. Крім того, причинами пропалів можуть бути зварювання електродами із забрудненими робочими поверхнями, збільшення сили зварювального струму, несправність електроапаратури зварювального обладнання.

Глибокі вм'ятини на поверхні деталей можуть утворюватися в разі малого радіусу робочої поверхні електродів, збільшеної сили зварювального струму, завищення часу зварювання, неправильного встановлення електродів, а також у разі перекосу деталей під час виконання зварювання.

Зовнішні та внутрішні виплески металу в місцях точкового і

шовного зварювання можуть виникати під час зварювання деталей із забрудненою поверхнею, а також унаслідок зниженої сили стиснення електродом, поганого прилягання поверхонь.

Для запобігання виплесків зварювані поверхні мають бути очищені від бруду, продуктів корозії, мастильних матеріалів, що застосовуються під час штампування. У процесі зварювання необхідно стежити за постійністю зусилля стиснення електродів, яке часто залежить від загального тиску в пневмосистемі і повинно перебувати в межах, зазначених у документації технологічного процесу.

Перепал у зоні зварювальної точки пов'язаний з тривалістю нагріву, оскільки внаслідок її перевищення окислення розвивається по межах зерен аустеніту. Утворена плівка оксидів різко знижує пластичні властивості з'єднання. Причина дефекту – зайве виділення тепла під час зварювання, пов'язане з перевищенням часу проходження зварювального струму.

Тріщини – небезпечний дефект, що знижує як статичну, так і динамічну міцність з'єднання. Тріщини можуть розташовуватися в самій зварній точці і навколошовній зоні. Причина їхньої появи – надмірна швидкість охолодження точки в результаті застосування занадто жорстких режимів зварювання, недостатнє зусилля проковки і несвоєчасне його застосування.

Більшість перерахованих дефектів може бути виявлено візуально. Зовнішній виплеск характерний утворенням біля зварної точки гострих виступів–коронки. Внутрішні виплески між зварюваними крайками, що виникають внаслідок нещільного прилягання поверхонь, які зварюються, можна виявити за просвітом між поверхнями, які зварюються, з торців зварюваних крайок.

Непровар визначають за видом і формою відбитків від електродів. Відбиток зварної точки при цьому слабо помітний, зміна кольору металу (кольору побігlosti) і вм'ятини відсутні. Найточніше непровар може бути визначений при вибірковому руйнуванні зварних з'єднань. У разі повного непровару зварні точки легко роз'єднуються, оскільки метал несплавлений. За часткового непровару на тонкому металі однієї з деталей може статися вирив, за відносно великої товщини – зріз металу ядра. За розмірами виривів і зрізів можна оцінити величину непровару.

Пропали в місцях зварювання легко виявляють візуально, так як

місцеві або наскрізні проплавлення металу у вигляді грубих нерівномірних заглиблень або отворів добре видно. Перепал виявляється зазвичай на вигляд з'єднання, яке характеризується великою зоною кольорів втечі і глибокими вм'ятинами від електродів.

Точніший контроль з'єднання досягається технологічними пробами. Для цього три–п'ять комплектів пластин зі сталі тієї ж марки і товщини, що і деталі, зварюють в режимі із заданими технологіями параметрами, а потім зразки піддають механічному руйнуванню. Таким способом визначаються розміри та форма місця проплавлення, наявність або відсутність тріщин, непровар та інші дефекти. При необхідності досліджують мікроструктуру зварювальної точки та наволошовної зони.

При виготовленні складальних одиниць на лініях складання–зварювання виконують стовідсоткову візуальну перевірку якості зварювання. Результати контролю (число та характеристики дефектів) заносяться до спеціальної контрольної карти.

Зазвичай при зварюванні виробів із маловуглецевої сталі всі виявлені дефекти можна виправити. Так, наприклад, виплески можна усунути механічною зачисткою, пропали – зачисткою і наступним точковим, газовим або дуговим зварюванням в середовищі вуглекислого газу, непровари – зварюванням додаткових точок, які слід розміщувати між дефектними.

Якість зварювальних з'єднань залежить від надійності зварювальних машин, забезпечення ними заданих параметрів режиму зварювання. Для забезпечення роботи машин із заданими параметрами необхідний систематичний контроль та догляд за механізмами та електроустаткуванням. Періодичність контролю параметрів режиму зварювання залежить від відповідальності зварювальних складальних одиниць, типу зварювального обладнання та характеру виробництва.

Особлива увага приділяється стану електродів машин, зокрема, підтримці необхідної форми їхньої робочої поверхні та зняття з нього шару окисленого та забрудненого металу. Необхідність зачистки та відновлення електродів визначається візуально за ступенем забруднення та зносу робочої поверхні.

Для перевірки точності розмірів складальних одиниць використовуються спеціальні контрольні пристрої, які повинні мати конструкцію, що забезпечує вільний і зручний доступ до елементів

деталі, що вимірюється. Пристосування включають сукупність вимірювальних засобів, робітників для перевірки форми і розмірів конструкційних елементів деталей.

Контрольні пристрої являють собою збірні конструкції, що складаються з певної кількості базових блочків, вимірювальних пробок, шаблонів та інших елементів, розміщених відповідно до конфігурації складальної одиниці на спеціальній плиті. Перевірку здійснюють відповідно до картки контролю, розробленої з урахуванням місць базування складальної одиниці на контрольному пристрої.

Місця базування складальних одиниць у контрольних пристосуваннях повинні відповідати базуванню у технологічному оснащенні. Необхідно прагнути до збереження баз у всьому технологічному ланцюжку виробництва з урахуванням робочого положення складальної одиниці.

Допустимі відхилення розмірів складальних одиниць встановлюються для місць сполучення за результатами аналізу збирання кузова (кабіни) з урахуванням вимог креслення. У картах контролю вказуються також місця розташування притисків та контрольних блоків.

Контроль якості виготовлення «чорних» кузовів (кабін) повинен включати в себе перевірку виконання всіх вимог технічних умов, що включають якість лицьової поверхні, зварювання, нанесення пластмас, що застосовуються для вирівнювання лицьової поверхні. Отвори та місця сполучення перевіряють контрольними шаблонами. При виявленні відхилень складають дефектну відомість, за якою налагоджують технологічний процес збирання–зварювання.

У сучасному автомобілебудуванні застосовуються лазерні вимірювальні системи, які визначають правильність форми та розмірів отворів дверей, капота, вікон. Отримана інформація обробляється і при перевищенні допустимих відхилень (з точністю 0,1 мм) система зупинить лінію.

Для статистичного контролю на сучасних автомобільних заводах кузова та кабін вимірюють за всіма параметрами кузововимірювальних трикоординатних машин з видачею контрольних карток. Статистичний контроль геометричних параметрів кузовів (кабін) дозволяє попередити появу відхилень і систематично проводити профілактичний ремонт та налагодження

складально–зварювального та штампового оснащення.

Для визначення якості складання та виявлення ступеня зношування технологічного оснащення проводяться контрольні складання кузовів (кабін) автомобілів. При цьому за отриманими значеннями компонувальних зазорів і якістю пару деталей перевіряють дотримання технологічного процесу складання–зварювання, аналізують причини виникнення відхилень і намічають можливості їх усунення.

Контрольні зборки проводяться і в період підготовки виробництва нових і модернізації старих моделей автомобілів, тим самим відпрацьовується технологічність деталей і складальних одиниць, їх збирання, інструментальна доступність і контролепридатність. Моделюється технологічний процес складання–зварювання, визначається можливість складання без зміни настановних баз, вибираються способи зварювання тощо.

15.3 Фарбування та нанесення спеціальних покриттів

Зовнішній вигляд автомобіля і термін служби його кузова значною мірою залежать від якості нанесення лакофарбових і спеціальних покриттів. Надійний захист кузова від корозії забезпечується тільки за умови гарної підготовки поверхні та якісного нанесення покриттів.

На автомобілі під час експлуатації впливають різні несприятливі природні фактори: атмосферні опади, сонячна радіація, перепад температур, вологість тощо. До них додаються фактори, пов'язані з результатами людської діяльності: смог, задимленість в умовах великих транспортних потоків, хімічні засоби боротьби з ожеледицею тощо. Щоб протистояти впливу всіх цих чинників, лакофарбові матеріали, що застосовуються в автомобілебудуванні, повинні мати високу якість і стійкість, а сам процес забарвлення повинен бути проведений ретельно, з дотриманням усіх вимог технології.

Покриття кузовів (кабін) являє собою шари матеріалів різного призначення (грунтовка, шпаклівка, емаль).

За різних масштабів автомобільного виробництва процеси фарбування кузовів залишаються незмінними, проте їхня організація різна. Так, за малого випуску автомобілів усі роботи ведуться без механізації, застосовуються фарбувальні та сушильні тупикові

камери, відсутній конвеєрно–транспортний зв'язок між операціями. Зі збільшенням масштабу виробництва використовується механізація та автоматизація виробничих процесів, основна частина яких виконується з використанням потокових ліній.

Головним завданням, що визначає довговічність кузова (кабіни), є ретельний захист усіх зовнішніх і внутрішніх поверхонь (включно із закритими порожнинами) від корозії. Досить невеликої оголеної до металу ділянки, щоб вона в процесі експлуатації стала осередком корозії. Конструкції кузовних деталей повинні забезпечувати: можливість нанесення ґрунтовок на всі зовнішні і внутрішні, зокрема і закриті, поверхні кузова; стік мийних рідин і ґрунтовок, що застосовуються в процесі фарбування; можливість покриття захисними мастиками всієї основи кузова і зварних з'єднань.

15.3.1 Матеріали покриттів

Під час визначення класу необхідного лакофарбового покриття в кузовному виробництві враховують класи автотранспортних засобів, які поділяють на такі групи:

- кузови легкових автомобілів вищого (представницького) класу;
- кузови інших легкових автомобілів;
- кабіни вантажних автомобілів, кузови автобусів;
- платформи вантажних автомобілів.

Лакофарбові покриття характеризується великою кількістю показників, основними з яких є ступінь блиску, кількість сторонніх включень, хвилястість, наявність патьоків, різновідтіночність, неоднорідність малюнка.

За ступенем блиску покриття ділять на глянцеві, напівгляцеві та матові. Ступінь блиску залежить як від лакофарбового матеріалу, так і від застосовуваного технологічного процесу.

Лакофарбові матеріали поділяють на основні (фарби, емалі, ґрунтовки, шпаклівки, лаки) і допоміжні (розчинники, розріджувачі, змивання, склади для підготовки поверхонь до фарбування, засоби для догляду за покриттями та ін.).

Позначення регламентуються ГОСТом. У позначенні лакофарбових матеріалів відображається таке:

- вид матеріалу;

- його хімічний склад (рід плівкоутворювальної речовини);
- призначення.

Основними лакофарбовими матеріалами, що застосовуються під час фарбування кузовів (кабін) автомобілів, є ґрунтовки, шпаклівки та емалі.

Ґрунтовки служать для утворення сполучного шару між металом кузова і наступними шарами покриттів. Ґрунтовка повинна мати високу адгезію (зчіплюваність), забезпечувати хороший захист металу від корозії, мати достатню механічну міцність. Ґрунтовки являють собою суспензію пігментів і наповнювачів у лаках або оліфах. За необхідності в ґрунтовки додатково вводять розчинники, сикативи, стабілізатори та інші добавки.

Шпаклівки використовуються для вирівнювання дрібних дефектів (рисок, забоїн, вм'ятин та ін.) на заґрунтованих поверхнях і являють собою пастоподібну в'язку суміш пігментів і наповнювачів із плівкоутворювальною речовиною. Іноді шпаклівки застосовуються в рідкому стані, для цього їх розводять розріджувачами. Якість шпаклівки оцінюється за технологічними показниками: зручністю обробки, повнотою заповнення дефектів, тривалістю і температурою висихання, величиною усадки, здатністю до шліфування.

Для шпаклювання кузовів застосовують алкідностирольну шпаклівку МС–006, що висихає в природних умовах та утворює стійку плівку з гарною адгезією до шару ґрунтовки; нітроцелюлозну НЦ–008, яка також висихає в природних умовах; епоксидну ЕП–0010, яка наноситься у суміші зі спеціальним затверджувачем на заґрунтовані поверхні або безпосередньо на метал, яка висихає як у природних умовах, так і при підвищеній температурі.

Емалі наносяться на завершальній стадії фарбування кузовів і кабін. Отримані за допомогою емалей поверхні вирізняються різноманітністю кольорів, підвищеним блиском, здатністю тривалий час зберігати декоративний вигляд під час експлуатації автомобіля в різних кліматичних умовах. Найширше під час виробництва кузовів і кабін застосовуються меламіноалкідні синтетичні емалі типу МЛ–12, МЛ–197, МЛ–1110, які забезпечують високі фізико–механічні властивості та якість покриття. Меламіноалкідні емалі виготовляють на основі сумішей меламіноформальдегідної та алкідної смол. Висихання емалей відбувається внаслідок випаровування розчинників і поліконденсації смол. Для повного висихання потрібна підвищена

температура (120÷140°C), за якої утворюється необоротна плівка. Для отримання високої якості покриття потрібне нанесення не менше двох шарів. Для забарвлення кузовів застосовуються також нітроцелюлозні емалі НЦ-11, НЦ-511 та ін. Вони є суспензіями пігментів у нітролаках з додаванням пластифікаторів і смол. Висихання нітроцелюлозних емалей відбувається внаслідок випаровування розчинників за кімнатної температури. Під час висихання утворюється оборотна плівка, здатна знову розчинятися при впливі на неї розчинників.

Застосуванням нітроцелюлозних емалей можна досягти більш високої якості пофарбованої поверхні. Однак такі покриття дорожчі за мелаіноалкідні через більш високу вартість матеріалу і підвищену трудомісткість його нанесення, оскільки покриття має бути багат шаровим (не менше п'яти–шести шарів) і вимагає багаторазового шліфування.

Іноді для поліпшення декоративних властивостей і підвищення стійкості покриття на кузов поверх емалі наноситься безбарвний лак.

15.3.2 Підготовка до фарбування

Найважливішою умовою отримання хорошої якості фарбування є правильна підготовка поверхні, яка полягає в очищенні поверхонь, що фарбуються, кузовних деталей і кабін від продуктів корозії, жирових забруднень, мастильних матеріалів.

Якщо поверхня не буде правильно підготовлена, не відбудеться надійного з'єднання покриття з металом, що призведе до передчасного руйнування і відшаровування утвореної лакофарбової плівки. Методи підготовки та очищення поверхні обирають залежно від ступеня їхнього забруднення.

Підготовка металевих поверхонь перед фарбуванням для деталей і складальних одиниць регламентується ДСТУ, що встановлює технічні вимоги до якості поверхні, методи і технологію. Найпоширенішими способами підготовки є механічний, хімічний і змішаний. За механічного способу очищення поверхні застосовують щітки, шліфувальні шкурки, електричні або пневматичні шліфувальні машинки, тип яких обирають залежно від умов обробки.

Хімічні способи підготовки є найбільш поширеними. До них належать травлення, знежирення, фосфатування і пасивування. Хімічні способи підготовки поверхні кузовних деталей застосовують

на механізованих комплексах фарбування деталей і агрегатах підготовки кузовів до фарбування.

Травлення застосовують за необхідності видалення продуктів корозії на невеликих ділянках кузовних деталей. Для цього використовують розчини, що містять фосфорну кислоту.

Після нанесення складу на поверхню і витримування протягом 3÷5 хвилин його змивають водою. Залишки кислоти нейтралізують слабким лужним розчином із мийного засобу типу КМ-1 (концентрація не більше 0,1 %).

Знежирення застосовують для деталей кузова, забруднених мінеральними маслами, мастильними матеріалами, використовуваними для консервації та під час штампування. Спосіб знежирення вибирають, виходячи з виду і ступеня забруднення. Знежирення поєднують із процесами підготовки деталей до складання-зварювання і підготовки поверхні кузовів до нанесення лакофарбових покриттів на автоматичних лініях.

У разі невеликого і середнього забруднення поверхню знежирюють лужними розчинами. У разі товстого шару мастильного матеріалу проводять промивання органічними розчинниками (уайт-спірит, бензин, скипидар, дихлоретан тощо). З лугів застосовують їдкий натр, кальциновану соду, тринатрійфосфат, які добре змивають жири і олії, перетворюючи їх на емульсії, що легко видаляються. Для поліпшення утворення емульсій у розчини лугів додають деяку кількість емульгаторів: мила, рідкого скла тощо.

Концентрація мийного засобу в робочому розчині становить 5÷10 г/л. Витрата мийного засобу залежить від виду та ступеня забруднення. Так, витрата мийного засобу марки КМ-1, що випускається у вигляді порошку, перебуває в межах 2–5 г/м².

Поширеним способом знежирення є розбризкування за допомогою форсунок мийних розчинів при температурі 50÷70°С в спеціальних мийних камерах, які можуть бути як періодичної дії, так і вбудованими в конвеєр з фарбувальними камерами. Мийна камера складається з ванн і системи труб з розбризкувальними форсунками, розташованими по периметру камери з таким розрахунком, щоб рідина, яка подається з форсунок, омивала всі оброблювані поверхні. Розчини подаються відцентровим насосом. Після промивання розчином лугів протягом 1÷2 хв проводиться промивання у воді або пасивувальному розчині.

Фосфатування – обробка добре очищеної поверхні металу розчином фосфорнокислих солей. При цьому на поверхні утворюється тонка захисна плівка нерозчинних у воді фосфатів, що має кристалічну пористу будову і має гарну адгезію до лакофарбових покриттів. Застосовують фосфатування з метою отримання покриття, що має (після нанесення лакофарбових матеріалів) підвищену антикорозійну стійкість. Корозія металу відбувається лише на ділянці пошкодження покриття і не поширюється під ним. Фосфатуванню піддають як окремі кузовні деталі, так і кузова в зборі.

Поверхня обробляється розведеними розчинами первинних фосфорнокислих солей цинку, марганцю і заліза за наявності вільної фосфорної кислоти, внаслідок чого відбувається реакція

Отримана в результаті реакції фосфорна кислота знову реагує з металом, а третинні фосфати осідають на поверхні металу і створюють міцне неелектропровідне покриття. Велике значення має співвідношення вільної та зв'язаної фосфорної кислоти. При підвищеному вмісті вільної кислоти гідроліз і утворення плівки з третинних фосфатів сильно загальмовуються. За недостатньої кількості вільної кислоти збільшується утворення нерозчинних фосфатів, які випадають у розчин у вигляді осаду (шламу). Процес фосфатування проводять за температури 45÷55°C. За більш високої температури утворення шламу може збільшуватися.

Фосфатування буває нормальне і прискорене. Прискорене фосфатування і поліпшення фосфатної плівки досягаються шляхом введення в розчин фосфатів марганцю і заліза, а також різних добавок, до яких відносяться оксиди міді, солі нікелю, мідні солі, азотнокислий натрій, марганець, цинк та ін. Прискорене фосфатування (бондеризація) проходить за 2÷5 хв. Товщина плівки, одержуваної під час бондеризації, не повинна перевищувати 3 мкм, інакше під час механічного впливу на виріб відбувається відшаровування.

Після фосфатування поверхню промивають демінералізованою водою. Це викликано тим, що фосфатна плівка легко адсорбує розчинні солі, що містяться у звичайній воді, що може стати причиною утворення бульбашок у лакофарбовому покритті під час його експлуатації в умовах підвищеної вологості. Основною умовою гарної підготовки поверхні є чистота розчинів і правильне співвідношення їхніх компонентів.

Під час розпилення розчинів під тиском сторонні вclusions, які

перебувають у них, осідають на поверхні металу і, проступаючи через фосфатний шар, порушують його цілісність і створюють напруження в емалевих плівках, що призводить до їхнього руйнування і виникнення вогнищ корозії. Висока чистота розчинів забезпечує безперебійну роботу розпилювачів, швидке проходження реакції та отримання якісної фосфатної плівки. Для очищення розчинів використовують полотняні або паперові фільтри.

Пасивування застосовується для підвищення захисних властивостей фосфатного покриття і полягає в промиванні фосфатованих поверхонь розчином хромпіку або хромового ангідриду. Необхідність пасивування зумовлена тим, що на фосфатному покритті, отриманому методом бондеризації, є пори, що займають приблизно 0,2 % фосфатованої поверхні, в яких метал перебуває в активному стані. Пасивувальні розчини готують на основі демінералізованої води. Обробку кузовів проводять за температури 40÷60°C.

15.3.3 Технологія нанесення лакофарбових і спеціальних покриттів

Технологічний процес фарбування складається з таких трьох основних операцій: ґрунтування, шпаклювання, остаточне фарбування.

Ґрунтування по підготовленому металу – нанесення першого шару лакофарбового матеріалу на очищену, знежирену, промиту і фосфатовану поверхню металу. Шар ґрунтовки є основою покриття. Він забезпечує надійне зчеплення з підготовленим до фарбування металом і наступним шаром фарби, має високі антикорозійні властивості, механічну міцність.

Для кращого вирівнювання на попередньо заґрунтовану і зашпакльовану поверхню часто наносять один або два шари другої ґрунтовки, яка відрізняється від першої складом, властивостями, кольором, способами нанесення і сушіння. Для попереднього ґрунтування найчастіше застосовують водорозчинні ґрунтовки, наносячи їх методом електроосадження.

Для нанесення другого шару використовують епоксидні, епоксифірні та інші види ґрунтовок, застосовуючи різні методи розпилення. Кожен шар нанесеної ґрунтовки просушується відповідно

до технічних вимог. Потім поверхня піддається шліфуванню абразивними водостійкими шкурками при рясному змочуванні поверхні водою. Шліфування проводиться вручну або за допомогою спеціальних шліфувальних машинок. У разі масового і великосерійного виробництва з метою зниження трудомісткості та підвищення якості обробки поверхні операція шліфування механізується.

Потім проводиться підґрунтування зашліфованих до металу ділянок. Зазвичай для цього застосовують ґрунтовки, що швидко висихають за кімнатної температури.

Водорозчинні ґрунтовки, що застосовуються для попереднього ґрунтування, сушать при температурі 180–190°C, ґрунтовки для другого і наступних шарів сушать при температурі близько 160°C.

Шпаклювання – процес вирівнювання виявлених дрібних дефектів на попередньо заґрунтованих поверхнях кузова. Як основний інструмент для виконання цієї операції застосовуються гумові, пластмасові, дерев'яні та металеві шпатели. Для нанесення рідких шпаклівок застосовують розпилювачі.

Товщина шару шпаклівки, що наноситься на заґрунтовану поверхню, не повинна перевищувати 0,5 мм. Виняток становлять епоксидні шпаклівки, які можна наносити як на заґрунтовані, так і на металеві поверхні з товщиною шару до 15 мм.

Остаточне фарбування проводять по заґрунтованій, зашпакльованій і відшліфованій поверхні кузова (кабіни). Внаслідок високої стійкості під час експлуатації та меншої трудомісткості нанесення найбільшого поширення набули синтетичні емалі марок МЛ. Синтетичні емалі допускають різні способи нанесення, проте для отримання високої якості поверхні емалі рекомендується наносити пневматичним розпиленням або розпиленням в електричному полі високої напруги.

Важливим показником, що визначає якість і термін служби лакофарбового покриття, є загальна товщина плівки. Тонке покриття нестійке до стирання, не забезпечує необхідного захисту від корозії, не дає необхідного блиску. Надмірно товсте покриття стає крихким і втрачає свої властивості при різких змінах температури. Оптимальною вважається загальна товщина покриття від 80 до 120 мкм.

Існують різні **способи нанесення лакофарбових покриттів**.

Ручне фарбування пензлями застосовується під час остаточного

оздоблення, коли потрібне підфарбовування невеликих дефектів на нелицьовій поверхні кузова, складальної одиниці або деталі.

Фарбування зануренням набуло широкого поширення в промисловості. Деталь занурюють у ванну з лакофарбовим матеріалом, потім витягують із неї, витримують деякий час над ванною для стікання надлишків фарби з поверхні і сушать. У масовому виробництві фарбування зануренням проводять із використанням підвісних конвеєрів, забезпечених підвісками різної форми у вигляді гачків, ялинок, граблів тощо.

Фарбування деталей зануренням має такі переваги:

- легко механізується і не вимагає витрат висококваліфікованої праці, оскільки всі операції (підготовка до фарбування, фарбування, стікання надлишків фарби, сушіння, знімання деталей) виконуються під час рухомого конвеєра;
- проста у виконанні і не вимагає складного обладнання;
- забезпечує мінімальні втрати лакофарбових матеріалів внаслідок стікання надлишків фарби з фарбованого виробу назад у ванну;
- повністю забарвлює всі зовнішні та внутрішні поверхні деталей, що забезпечує необхідний захист від корозії.

До недоліків цього способу належать;

- фарбування деталей на кожній установці тільки в один колір;
- утворення напливів або патьоків фарби на деталях, скупчування фарби в заглибленнях (особливо в деталях складної форми, в яких доводиться передбачати технологічні отвори для стоку фарби).

Під час фарбування зануренням можна використовувати будь-які лакофарбові матеріали, за винятком швидковисихаючих, однак складність отримання цим способом високої якості покриття не дає змоги застосовувати його для лицьових деталей кузова. У деяких випадках зануренням фарбують деталі, що монтуються всередині кузова.

Струменевий облив – нанесення лакофарбового матеріалу на поверхню виробу струменями ламінарного типу (без розбризкування), після чого для підвищення якості покриття виріб витримується в парах розчинників. Цей спосіб набув широкого поширення в машинобудуванні, оскільки порівняно з фарбуванням зануренням має деякі переваги, основною з яких є поліпшення зовнішнього вигляду

виробу. До недоліків цього процесу належать: підвищена витрата розчинників, можливість фарбування на одній установці тільки в один колір, потреба у великих виробничих площах для розміщення обладнання.



Рисунок 15.59 – Фарбування кузова зануренням за допомогою підвісного конвеєру

Пари розчинника, в яких витримується пофарбована деталь, сповільнюють його випаровування з нанесеного шару, внаслідок чого підвищується рівномірність товщини шару, зменшується кількість напливів, патьоків та інших дефектів. Однак цей спосіб не застосовується для фарбування лицьових деталей кузова.

Фарбування струменевим обливанням з подальшою витримкою в парах розчинника застосовують у масовому виробництві під час нанесення ґрунтовок або емалей на нелицьові деталі та деталі запасних частин. Для цього використовують різні матеріали, зокрема ґрунтовки.

Лакофарбові матеріали способом струминного обливання наносять у спеціальних установках безперервної дії. Деталі конвеєром подаються в зону обливання, проходячи через спеціальні трубчасті контури з соплами, куди під тиском надходить лакофарбовий матеріал. Під час руху конвеєра деталі обливаються струменями фарби, яка проникає в порожнини, сполучення та інші важкодоступні для фарбування місця. Надлишок фарби стікає в піддон, а потім у бак, звідки насосом знову подається в трубчасті контури для повторного використання.

Пофарбовані деталі, рухаючись далі конвеєром, надходять до тунелю, заповненого парами органічного розчинника, висока концентрація якого затримує випаровування його з нанесеного шару, внаслідок чого зменшується кількість патьоків, напливів та інших дефектів. Деталь рухається тунелем протягом 10–15 хв за температури не вище 18–20°C. З тунелю пофарбовані деталі потрапляють у камеру для сушіння.

Фарбування електроосадженням (електрофорез) набуло широкого поширення при нанесенні першого шару лакофарбових покриттів на автомобільні кузови. У процесі електроосадження на виріб із водного розчину фарби під дією постійного струму наноситься плівкоутворювальна речовина. Виріб є електродом і під'єднаний до одного з полюсів джерела постійного струму. Іншим електродом є металевий корпус ванни або металеві пластини, спеціально опущені у ванну.

Процес електроосадження може бути анодним (анафорез) або катодним (катафорез) залежно від того, де відбуваються осадження фарби – на аноді чи на катоді.

Анодне електроосадження водорозчинних лакофарбових

матеріалів полягає в утворенні осаду на аноді (виробі, що забарвлюється) внаслідок хімічних реакцій у плівкоутворювальній речовині під дією електричного струму.

Під час катодного електроосадження частинки плівкоутворювальної речовини під дією електричного струму іонізуються і притягуються до катода, тобто до виробу, що фарбується. Процес катодного електроосадження протікає в кислому середовищі за рН від 3.5 до 6.

При катодному електроосадженні виключається електрохімічне розчинення металу що фарбується, та окислення сполучного шару, забезпечується краща лугостійкість і водостійкість покриття, що призводить до підвищення захисних властивостей покриттів у порівнянні з анодними плівками.

Формування покриття під час катафорезу відбувається з індивідуальним осадженням кожної структурної одиниці полімерного матеріалу, що призводить до утворення в плівці дрібної структури і додатково підвищує декоративні та захисні властивості покриттів.

Перевагою катодного електроосадження є також і те, що до попередньої хімічної підготовки поверхні кузова висувуються менш жорсткі вимоги.

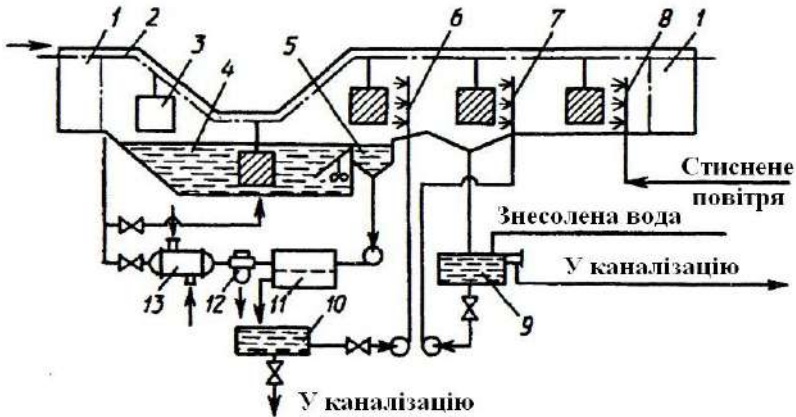
На рис. 15.60 наведено схему установки для нанесення водорозчинних лакофарбових матеріалів способом електроосадження, що містить у собі конвеєр 2 з навішуваними на нього виробами 3, ванну електроосадження 4 із системою електропостачання, установку ультрафільтрації 11, секції миття та обдування гарячим повітрям.

Кузов, попередньо підготовлений до фарбування (промийтий, знежирений, фосфатований), подається конвеєром у ванну, наповнену електропровідною водорозчинною ґрунтовкою.

До виробу підводять постійний струм, під дією якого відбувається осадження плівкоутворювального матеріалу з водного розчину на виріб, що фарбується. Для поліпшення процесу осадження до ділянок виробу, найвіддаленіших від зовнішньої поверхні (внутрішні поверхні, кишені, коробчасті перерізи тощо), підводять додаткові електроди.

Насамперед фарбуються ті місця кузова (кабіни), де щільність струму більша. У міру збільшення товщини покриття в цих місцях і відповідного підвищення в них електричного опору густина струму на цих ділянках падає, внаслідок чого сповільнюється і нарощування

покриття. Але зростає інтенсивність осадження плівкоутворювального матеріалу в тих місцях, де спочатку щільність струму була меншою. У результаті на кузові (кабіні) утворюється рівномірний за товщиною шар покриття.



- 1 – тамбур; 2 – конвеєр; 3 – виріб; 4 – ванна; 5 – зливна кишенька;
 6 – контур промивання ультрафільтратом; 7 – контур промивання знесоленою водою; 8 – контур обдування гарячим повітрям;
 9 – бак із водою; 10 – бак для ультрафільтрату; 11 – установка ультрафільтрації; 12 – насосно-фільтрувальний пристрій;
 13 – теплообмінник

Рисунок 15.60 – Схема установки для нанесення водорозчинних лакофарбових матеріалів способом електроосадження

У процесі осадження частинок фарби на кузов зменшується концентрація розчину і рН зростає. При досягненні нижньої межі концентрації розчину ванна доповнюється водорозчинною фарбою. Підтримувати необхідну концентрацію розчину можна за допомогою установок ультрафільтрації, які дають змогу майже повністю виключити втрати фарби в процесі її електроосадження.

Ультрафільтрація – це молекулярний поділ розчину на складові частини під час проходження через напівпроникні мембрани (фільтрувальні елементи установки). Фільтрувальні елементи виготовляють із пористих полімерів у вигляді труб, поверхню яких покривають ультрафільтраційною плівкою. Фарба з ванни

електроосадження насосами подається у фільтрувальні елементи.

Частина води, органічних розчинників і нейтралізаторів, проходячи через мембрану, утворює безпігментний ультрафільтрат, який використовується як вода для промивання. Збагачена ґрунтовка повертається у ванну. Таким чином забезпечується контроль процесу електроосадження і одночасно вирішується проблема очищення стічних вод.

У процесі електроосадження з 1 м² металевої поверхні, що фарбується, виділяється до 838 кДж теплоти. Тому в установці передбачені теплообмінники 13, що працюють на охолодження розчину, який перебуває у ванні. Розчин за допомогою насоса зовнішньої системи циркуляції пропускають через теплообмінники, в міжтрубному просторі яких циркулює вода температурою 8–15°C.

В установці передбачена система контролю і регулювання таких технологічних параметрів: температури робочого розчину, рН, електропровідності, вмісту сухого залишку, кількості органічних розчинників, а також електричної напруги і сили струму, ступеня засмічення фільтрів тощо.

Після нанесення покриття виріб проходить через контур промивання ультрафільтратом. Промивання здійснюється над спеціальною зливною кишенею 5, що примикає до ванни 4 електроосадження. Зливна кишеня призначена для відбору робочого розчину з ванни з метою контролю його витрати і збору піни, яка утворюється у ванні під час перемішування розчину.

Потім виріб промивається в контурі 7 знесолоною водою. При цьому змивається лакофарбовий матеріал, який потрапив на покриття під час занурення і витягування виробу, електроосаджене покриття при цьому не пошкоджується. Далі виріб обдувається в контурі 8 гарячим повітрям і транспортується в сушильні камери.

Нині електроосадження (катафорез) з використанням ультрафільтрації є основним методом ґрунтування кузовів і кабін автомобілів. Широкому *поширенню методу електроосадження сприяли такі його переваги:*

- висока якість покриття, що характеризується відсутністю непрофарбованих місць (включно з гострими кромками і кутами), напливів і патьоків, рівномірністю товщини покриття;
- повна автоматизація технологічного циклу;

- поліпшені санітарно–гігієнічні умови праці та зниження пожежонебезпеки внаслідок застосування водорозчинних лакофарбових матеріалів;
- висока продуктивність;
- економне використання лакофарбових матеріалів;
- автоматичне очищення стічних вод.

До **недоліків** цього способу слід віднести:

- можливість отримання тільки одношарового покриття;
- необхідність у великих виробничих площах (довжина установки електроосадження може досягати 100 м).

Водорозчинні ґрунтовки, які застосовують як основний матеріал для електроосадження у виробництві кузовів і кабін, мають такі значення параметрів: робоча концентрація розчину 8–15 %, температура $18 \pm 25^\circ\text{C}$, рН розчину 3,5–7, напруга осадження 100–250 в, густина струму 10–50 A/m^2 . тривалість процесу осадження $0,5 \pm 2$ хв.

Пневматичне розпилення – широко застосовуваний у промисловості метод нанесення лакофарбових покриттів шляхом інтенсивного розпилення на найдрібніші частинки стисненим повітрям за допомогою спеціальної апаратури (рис. 15.61÷15.62).

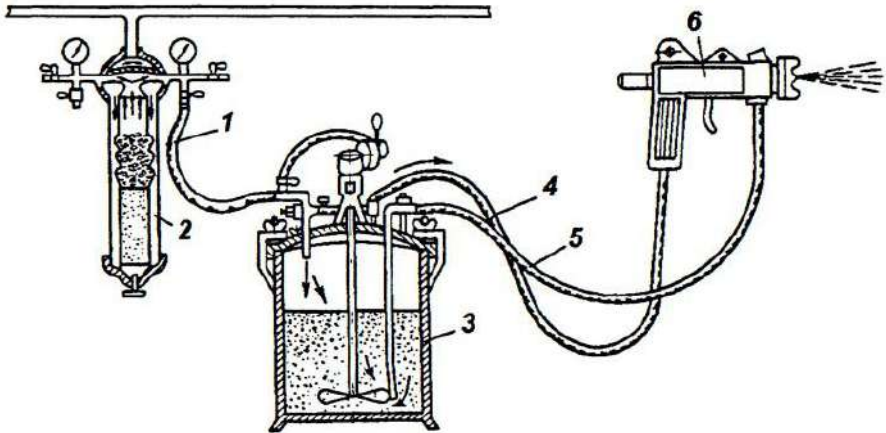


Рисунок 15.61 – Дофарбовування важкодоступних місць кузова автомобіля пневматичним розпиленням (завод BMW)

Цей метод фарбування можна застосувати в будь-яких виробничих умовах за наявності мережі стисненого повітря і витяжної вентиляції. При цьому використовується нескладне за конструкцією і надійне в експлуатації обладнання, що забезпечує високу продуктивність. Можливе застосування лакофарбових матеріалів з різним часом висихання, а також одночасне багатокілірне фарбування.

До *недоліків фарбування пневматичним розпиленням* слід віднести:

- високі питомі витрати лакофарбових матеріалів внаслідок втрати фарби на туманоутворення (до 50 %);
- велику витрату розчинників для забезпечення необхідної в'язкості застосовуваного лакофарбового матеріалу;
- необхідність у спеціальних фарбувальних камерах з припливно-витяжною вентиляцією для видалення і очищення забрудненого розпорошеною фарбою повітря;
- необхідність у висококваліфікованому персоналі.



1 – шланг подачі повітря в бак; 2 – мастиловідокремлювач;
 3 – бак, що нагнітає фарбу; 4 – шланг подачі повітря до розпилювача; 5 – шланг подачі фарби до фарборозпилювача; 6 – фарборозпилювач

Рисунок 15.62 – Схема установки для нанесення фарби методом пневматичного розпилення

У комплект апаратури для нанесення фарб методом пневматичного розпилення (рис. 15.62) входять:

- фарборозпилювач;
- фарбонагнітальний бак, що являє собою герметично закриту посудину з кришкою, на якій встановлено мішалку для перемішування фарби і редуктор, що регулює тиск повітря 80–100 кПа в системі подач фарби і 300–600 кПа у фарборозпилювачі;
- масляний водовідділювач, призначений для очищення повітря, що подається до фарбонагнітального баку і до фарборозпилювача, від води та мастила.

У фарборозпилювачах зазвичай використовують стиснене повітря із загальнозаводської мережі, рідко – від індивідуального компресора.

За принципом подачі фарби фарборозпилювачі поділяють на дві групи: розпилювачі з подачею фарби від фарбонагнітального бачка, що вирізняються високою продуктивністю та застосовують за великих обсягів фарбувальних робіт, та розпилювачі з подачею фарби самопливом із прикріпленого згори стаканчика, що застосовують за невеликих обсягів робіт у разі виправлення дефектів пофарбованої поверхні, що потребує невеликої витрати фарби.

Найбільш ефективним є фарбування пневматичним розпиленням із застосуванням підігрітих фарб. Метод безповітряного розпилення відрізняється від пневматичного розпилення тим, що розпилення фарби відбувається не під дією стисненого повітря, а під дією високого гідравлічного тиску.

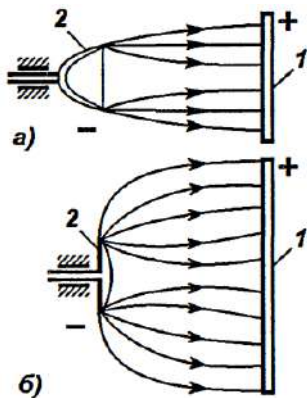
Фарба під тиском 2100–4200 кПа, створюваним насосом, через фільтр надходить до розпилювача і направляється на виріб. При цьому установка повинна створювати постійний тиск лакофарбового матеріалу і забезпечувати подачу фарби в необхідній кількості.

Порівняно з пневматичним розпиленням цей метод дає змогу знизити втрати лакофарбових матеріалів на туманоутворення, проте якість покриттів виходить невисокою.

Фарбування в електричному полі високої напруги широко застосовується під час виробництва кузовів і кабін автомобілів і полягає в наступному: між виробом, що рухається заземленим конвеєром, і фарборозпилювальним пристроєм створюється електричне поле високої напруги; частинки фарби, одержуючи

негативний заряд, притягуються до позитивно зарядженого виробу, що рухається конвеєром. При фарбуванні в електричному полі високої напруги для подачі фарби використовують електромеханічні обертові розпилювачі. До них підводиться лакофарбовий матеріал, який постійно циркулює в системі «резервуар із фарбою – насос – розпилювач – резервуар». Розпилювачі–електроди залежно від умов фарбування можуть мати форму чаші або грибка (рис. 15.63).

Під час фарбування виробу фарбу подають у центр розпилювальної голівки 2, яка швидко обертається і до якої підведено високий негативний потенціал. Під дією відцентрових сил фарба рівномірно скидається з краєк розпилювальних головок у вигляді дрібних крапель. Одночасно розпиленню фарби сприяють електростатичні сили відштовхування, які виникають у краплях при отриманні ними однойменного негативного заряду при безпосередньому контакті з розпилювачем. Гострі краї розпилювача виконують функції коронуєчого електрода.



1 - виріб; 2 - розпилювач

Рисунок 15.63 – Схема електромеханічних розпилювачів для фарбування деталей в електричному полі високої напруги з чашковим (а) електродом і електродом у вигляді грибка (б)

Частинки розпиленої фарби потрапляють у міжелектродний простір у зарядженому стані та під дією електростатичних сил притягуються до виробу, що фарбується. Втрати фарби при цьому способі фарбування значно менші, ніж при пневматичному розпиленні.

Чашкові розпилювачі забезпечують більш дрібне розпилення фарби, заряд її частинок збільшується і покращується якість покриття, чому сприяє і спрямованість факела фарби, що розпилюється. Розпилювальні головки у формі грибка прості у виготовленні, зручні для очищення і мають достатню продуктивність, проте вони утворюють більш розсіяний факел фарби. Крім розпилювачів, до складу обладнання для фарбування в електричному полі високої напруги входять: пристрої для монтажу розпилювачів, які можуть бути нерухомими, хитливими або такими, що

переміщаються; джерело високої напруги з випрямлячем та іншою електроапаратурою; дозувальний пристрій для подачі в розпилювач чітко визначеної кількості лакофарбового матеріалу (зазвичай на основі шестерного насоса, який забезпечує надійне об'ємне дозування); іскрозапобіжний пристрій для автоматичного вимкнення високого струму, який дозволяє автоматично вимкнути розпилювачі; пристрій для автоматичного вимкнення високого струму; джерело високої напруги при виникненні аварійної ситуації.

При фарбуванні в полі високої напруги застосовуються також електростатичні пневморозпилювачі з голчастим електродом. На відміну від електромеханічних розпилювачів розпилення фарби в них здійснюється за допомогою стисненого повітря. При цьому в результаті взаємодії з голчастим електродом частинки фарби набувають негативного заряду.

На сучасних автомобільних заводах цей метод широко використовується як для нанесення на кузов другого шару ґрунтовки, так і для остаточного фарбування емалями. В умовах великосерійного і масового виробництва фарбування кузовів в електростатичному полі виконується на автоматичних фарбувальних лініях за допомогою роботів, що переміщаються, з розпилювачами.

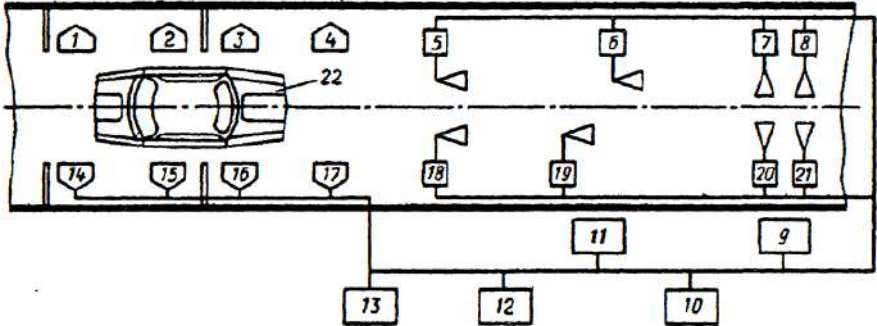
На рис. 15.64 показано ділянку такої лінії для нанесення одного шару емалі на лицьову поверхню кузова. На ділянці встановлено вісім роботів; з них чотири обладнані верхніми розпилювачами, чотири – бічними. Кожен робот швидко переналаштовується, з програмним керуванням.

На робочому органі (руці) робота встановлено розпилювач, який здійснює відповідно до заданої програми циклічно повторювані рухи, що забезпечують нанесення рівномірного шару лакофарбового матеріалу на зовнішню поверхню кузова. Ділянка розрахована на фарбування кузовів за швидкості конвеєра 3–6 м/хв.

Після завершення програми на кожен розпилювач подається команда припинення подачі фарби до початку циклу фарбування наступного кузова. Кузов, пофарбований першим шаром, переміщується на наступну, аналогічну, ділянку. На її початку знаходиться фотоелемент, який посиляє імпульс на включення наступної програми.

Таким чином, кузов, пройшовши через дві ділянки, забарвлюється шаром, товщина якого сягає 40–50 мкм. Пофарбований

кузов надходить у камеру «розтікання», де за температури 30–40°C нанесене покриття набуває необхідної товщини та рівномірності перед надходженням на сушку.



- 1, 2 – відбивачі; 3, 4 – ліхтарі; 5, 6, 18, 19 – роботи з верхніми розпилювачами; 7, 8, 20, 21 – роботи з бічними розпилювачами;
 9 – генератор високої напруги; 10 – блок управління електростатичним розпилюванням; 11 – насоси подавання фарби;
 12 – пульт керування; 13 – блок розпізнавання контуру кузова;
 14–17 – фотоелементи; 22 – кузов

Рисунок 15.64 – Схема дільниці автоматичного фарбування кузовів в електростатичному полі за допомогою роботів із розпилювачами, що переміщуються

Фарбування в електричному полі високої напруги має такі переваги перед пневматичним розпиленням:

- менша витрата лакофарбових матеріалів, оскільки практично вся розпоршена фарба під дією електричного поля осідає на виріб, що фарбується;
- використання простих пристроїв для вентиляції фарбувальних камер і зниження їх вартості;
- можливість повної автоматизації процесу фарбування;
- висока продуктивність;
- поліпшення санітарно-гігієнічних умов праці внаслідок виключення необхідності перебування обслуговуючого персоналу в зоні розпилення фарби.

До недоліку цього методу слід віднести неможливість нанесення покриттів на внутрішні поверхні кузова, що змушує передбачати

ручне або автоматизоване фарбування цих ділянок методом пневматичного розпилення. У потокових лініях фарбування кузовів застосовують також камери для нанесення лакофарбових матеріалів методом пневматичного розпилення за допомогою роботів.

Крім лакофарбових на кузов (кабіну) наносяться також спеціальні покриття. Метою нанесення спеціальних покриттів є герметизація з'єднань, шумоізоляція, теплоізоляція, а також додаткове запобігання корозії.

На ділянці герметизації та шумоізоляції (зазвичай після ґрунтування і шліфування) перед проходженням кузова через сушильну камеру всі зварні шви герметизують нанесенням на них методом видавлювання мастики на основі полівінілхлориду.

У процесі сушіння кузова в камері за температури понад 140°C протягом 30 хв мастика втрачає плинність, стає еластичним матеріалом і надійно герметизує щілини в зварних з'єднаннях. Завдяки своїй еластичності мастика забезпечує герметичність з'єднань і під час експлуатації автомобіля, коли внаслідок вібрації відбувається деякий зсув деталей кузова.

Для захисту днища кузова від корозії, абразивного впливу пилу і піску, а також для додаткової тепло- і шумоізоляції нижню частину кузова і внутрішні частини крил покривають бітумною мастикою БПМ-1, яку наносять шаром 1–1,5 мм методом пневматичного напилення в прохідній камері. Повітря в камері очищається припливно-витяжною вентиляцією з гідрофільтрами.

Очищення води гідрофільтрів здійснюється методом природного осадження (з поверненням очищеної води). Наприкінці камери розташовується тамбур, в якому з лицьової поверхні кузова видаляють частинки мастики, що потрапили на неї під час напилення покриття на днище.

Після мокрого шліфування мастику підсушують за температури 130°C протягом 6 хв. Повна полімеризація мастики закінчується в камері сушіння емалі за температури 140°C. Після сушіння мастика повинна являти собою однорідний шар без здуття, тріщин і патьоків.

Салон кузова шумоізолюють спеціальними прокладками на бітумній основі. Їх встановлюють на підлогу кузова, а також на внутрішні поверхні даху, зовнішніх панелей дверей, кришки багажника. Після проходження сушильних камер прокладки міцно з'єднуються з панелями салону, утворюючи хороший

шумоізоляційний шар.

Закриті порожнини кузова, найбільш схильні до корозії, обробляються захисними антикорозійними матеріалами типу «Тактил». Вони наносяться за допомогою установок безповітряного розпилення, обладнаних пістолетом із гнучкими наконечниками з розпилювальними головками, робочий тиск – 250 кПа. Установка забезпечує отримання суцільної плівки на внутрішній поверхні порожнин кузова.

Обробка проводиться в спеціальній камері з припливно-витяжною вентиляцією безпосередньо на складальному конвеєрі. Захисна дія полягає в тому, що матеріал забезпечує механічний захист металевої поверхні, а інгібітор, що міститься в ньому, уповільнює процес корозії.

Точне дотримання технології фарбування, наклеювання прокладок, нанесення захисних і антикорозійних покриттів, застосування високоякісних матеріалів дають змогу забезпечувати високий рівень герметизації, шумоізоляції та корозійну стійкість.

Під час виконання фарбувальних робіт особлива увага має приділятися виконанню правил техніки безпеки.

Усі роботи повинні проводитися в приміщеннях, обладнаних припливно-витяжною вентиляцією, що забезпечують допустимий вміст шкідливих речовин у повітрі. Повинен здійснюватися постійний контроль вмісту в повітрі робочих приміщень шкідливих парів, газів і пилу. Особи, які працюють з лакофарбовими матеріалами, мають бути забезпечені спецодягом і засобами індивідуального захисту.

Стічні води перед спуском у каналізацію повинні бути очищені до допустимих норм вмісту шкідливих речовин. Очищення стічних вод здійснюється фільтрацією і нейтралізацією шкідливих хімічних речовин. Найефективнішим способом є ультрафільтрація з використанням полімерних мембран.

Для кожного способу нанесення лакофарбових матеріалів існують специфічні вимоги щодо техніки безпеки і особливо протипожежних заходів.

При нанесенні матеріалів способом пневматичного розпилення для установок і розпилювальних камер передбачаються місцеві вентиляційні та витяжні системи, агрегати яких з'єднані з пристроями, що подають до розпилювача матеріал або стиснене повітря. Це дає змогу запобігти утворенню пожежо- і вибухонебезпечних сумішей та

їхньому потраплянню (у вигляді туману) в робочу зону.

Особливістю нанесення лакофарбових матеріалів в електростатичному полі є застосування електричного струму високої напруги. Під час експлуатації стаціонарних установок для нанесення матеріалів даним методом, окрім забезпечення загальних вимог з техніки безпеки, пожежної безпеки та санітарно–гігієнічних вимог, необхідно все основне обладнання установок, що перебуває під високою напругою (шинопроводи, кабелі, пристрої для розпилення та ін.), захищати заземленими сітками, що не допускають вільного доступу до обладнання.

Для забезпечення вимог техніки безпеки при фарбуванні зануренням встановлюють додаткові пристрої – резервуари для аварійного зливу матеріалу. Їх розміщують за межами цеху на відстані не менше 1 м від глухої стіни будівлі і не менше 5 м від стіни, що має прорізи.

Усю електропроводку фарбувальних і сушильних камер необхідно укладати в металеві труби, електричні лампи – у герметичну вибухобезпечну арматуру, а вимикачі та рубильники – у закриті шафи поза робочим приміщенням.

У фарбувальних цехах, фарбозаготівельних відділеннях і складах лакофарбових матеріалів повинні знаходитися засоби пожежогасіння – вогнегасники, ящики з піском, дошки з інвентарем тощо. До роботи в фарбувальних цехах допускаються особи, які отримали інструктаж спеціальної кваліфікаційної комісії.

15.3.4 Сушіння

Якість і довговічність покриття значною мірою залежать від того, наскільки правильно обраний і виконаний режим сушіння лакофарбового матеріалу. За характером висихання і утворення плівки лакофарбові матеріали поділяють на матеріали, що утворюють розчинну (оборотну) і нерозчинну (необоротну) плівки.

Оборотна плівка утворюється при випаровуванні летких розчинників з рідкого шару фарби. Характерними матеріалами, що дають оборотну плівку, є нітроцелюлозні лаки та емалі, спиртові лаки та ін., що утворюють тверду плівку на повітрі, за кімнатної температури. Висушену оборотну плівку можна легко привести в колишній рідкий стан, додавши розчинник.

Незворотна плівка утворюється не тільки внаслідок випаровування розчинника, а й унаслідок складних хімічних процесів окислення, конденсації та полімеризації плівкоутворювальних речовин. Процес плівкоутворення при сушінні матеріалів цієї групи ділиться на дві фази: фізичний процес видалення легких розчинників і хімічний процес утворення плівки. Незворотними лакофарбовими матеріалами є масляні лаки, алкідні та меламіноалкідні емалі.

У звичайних умовах за кімнатної температури процеси утворення плівки, особливо необоротної, протікають повільно і не до кінця, в результаті плівка не має достатньої стійкості і міцності. Для інтенсифікації процесів сушіння і поліпшення якості покриття використовують нагрівання пофарбованих деталей.

Сушіння з нагріванням дає змогу виконувати фарбувальні роботи в безперервному потоці і значно скорочує час усього процесу. Крім того, низка матеріалів, таких, як меламіноалкідні емалі, епоксидні шпаклівки, тверднуть і утворюють якісні покриття лише в цих умовах.

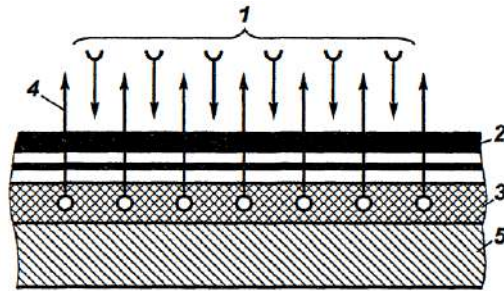


Рисунок 15.65 – Процес сушіння лакофарбового покриття кузова автомобіля Mini Cooper інфрачервоними променями (завод BMW в Cowley, Англія)

Сушіння відбувається тим швидше, чим вища температура довкілля, менша концентрація парів розчинника і більша швидкість

руху гарячого повітря вздовж пофарбованої поверхні. Існують кілька способів сушіння з нагріванням лакофарбових покриттів. Найпоширенішими є сушіння циркулюючим гарячим повітрям (конвекційне) та інфрачервоними променями (терморадіаційне).

При конвекційному сушінні відбувається контактна передача теплоти від циркулюючого гарячого повітря, а процес висихання починається з поверхневого шару покриття (рис. 15.66). У результаті тонка плівка, що утворилася на поверхні, ускладнює подальше випаровування розчинників із нижніх шарів лакофарбового матеріалу.



1 – підведення теплого повітря; 2 – тверда плівка;
3 – шар фарби; 4 – пари розчинника; 5 – виріб, що фарбується

Рисунок 15.66 – Схема процесу конвекційного сушіння

Для прискорення конвекційного сушіння застосовують потужні вентиляційні пристрої для перемішування повітря всередині сушильної камери. Час висихання шару синтетичної емалі в конвекційній сушильній установці за температури повітря 110–130°C становить 30–60 хв.

У кузовному виробництві найчастіше застосовують конвекційні сушильні установки безперервної дії, які характеризуються усталеним температурним режимом, великою пропускнуою здатністю, забезпечуючи необхідну якість сушіння. Кабіни або кузова переміщуються за допомогою підвісного конвеєра каналом сушильної камери, який має похилий підйом і спуск.

Його середня частина піднята над підлогою цеху, внаслідок чого в робочій частині камери зберігається теплота. Зміна температурного режиму камери (рис. 15.67) забезпечує поступове нагрівання виробу до максимальної температури (140–145°C) за 10–15 хв.

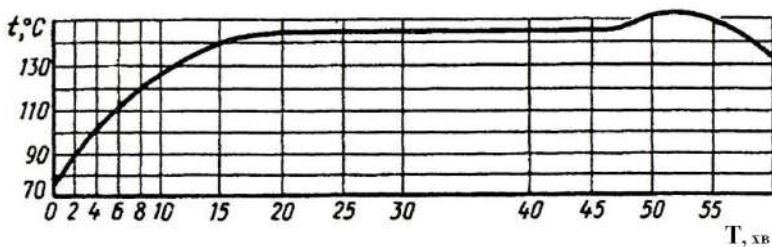


Рисунок 15.67 – Зміна температурного режиму конвекційної камери безперервної дії

У кінці камери температура поступово знижується. На початку теплота витрачається на нагрівання виробів і швидке випаровування розчинника. На цій ділянці камери забезпечується інтенсивний рух повітря відносно пофарбованої поверхні та його відведення, щоб уникнути уповільнення процесу сушіння і запобігання вибухонебезпечних концентрацій парів розчинника.

Коли з розігрітого виробу основна частина парів розчинника видалена, відбуваються процеси окислення, конденсації та полімеризації з утворенням твердої плівки. На цьому етапі не потрібна велика кількість теплоти і свіжого повітря.

В якості джерел тепла в конвекційних сушильних установках використовують пар, гарячу воду, топкові гази або електроенергію.

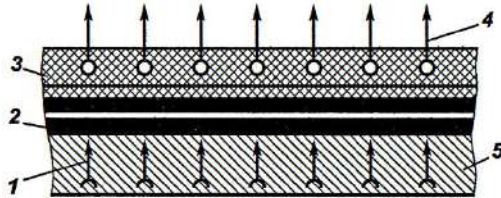
При терморадіаційному сушінні передача тепла лакофарбовому шару в основному здійснюється від поверхні металу кузова, який нагрівається за рахунок поглинання інфрачервоних променів.

Терморадіаційний нагрів (рис. 15.68) має низку переваг порівняно з іншими видами сушіння, оскільки інфрачервоне випромінювання на початковій стадії сушіння, маючи властивості проникності, проходить через плівку фарби, поглинається металевією поверхнею і швидко її нагріває.

Фарба висихає знизу від металевією поверхні. Пари розчинників безперешкодно проходять через верхні шари фарби, які ще не встигли затвердіти, що унеможливорює утворення бульбашок на відміну від конвекційного сушіння. При цьому час сушіння, порівняно з конвекційним, скорочується в кілька разів.

Як джерела інфрачервоного випромінювання при терморадіаційному сушінні застосовуються дзеркальні лампи

розжарювання і термовипромінювачі. Дзеркальні сушильні лампи потужністю 250 і 500 Вт випромінюють на 15÷25 % більше теплової енергії, ніж звичайні електролампи.



1 – підведення теплоти; 2 – тверда плівка; 3 – шар фарби;
 4 – відведення парів розчинника; 5 – виріб, що фарбується
 Рисунок 15.68 – Схема процесу терморадіаційного сушіння

Частина внутрішньої поверхні колби лампи, покрита тонким шаром речовини з високою відбивною здатністю, служить рефлектором. Сушіння за допомогою ламп не знайшло широкого застосування через такі недоліки:

- мала інтенсивність сушіння і підвищена витрата електроенергії;
- крихкість ламп і короткий термін їх служби;
- нерівномірність нагріву виробу, що призводить до місцевих перегрівів плівки.

Основними елементами терморадіаційних сушильних установок є джерела інфрачервоного випромінювання – термовипромінювачі, в яких ніхромовий дріт поміщений у металеву трубку та ізольований щільно спресованим шаром жаростійкого теплопровідного електроізоляційного матеріалу. Термовипромінювачі набули широкого поширення, під час їх використання забезпечується таке:

- скорочується час сушіння (у 4÷10 разів порівняно з конвекційними і в 3÷4 рази порівняно з ламповими сушильними установками);
- виключається тепла інерція розігріву;
- скорочується питома витрата енергії;
- спрощується конструкція сушильних камер і їх обслуговування;
- скорочуються виробничі площі;

- підвищується безпека експлуатації і термін служби випромінювача внаслідок надійної ізоляції всіх струмопровідних частин;
- з'являється можливість використання поряд з електричною інших джерел енергії (наприклад, тепла, що виділяється під час згоряння горючих газів).

Водночас терморадіаційний спосіб сушіння має і недоліки, що обмежують сферу його застосування:

- під час сушіння виробів складної конфігурації відстань окремих ділянок пофарбованої поверхні від термовипромінювача різна, внаслідок чого ділянки, віддалені від нього, можуть не досихати, а ближчі – пересихати;
- неможливо сушити світлі емалі, оскільки білі пігменти, що входять до їхнього складу, схильні до пожовтіння.

Використовують також комбіновані терморадіаційно–конвекційні сушильні установки, в яких на початковій стадії терморадіаційним методом здійснюють інтенсивний нагрів кузова і попереднє підсушування нижньої частини шару лакофарбового покриття, а завершується процес конвекційним нагріванням, що дає змогу швидко закінчити сушіння виробу.

Інші методи сушіння (індукційний нагрів, сушіння в природних умовах) не знайшли застосування в автомобілебудуванні. Під час сушіння лакофарбових матеріалів основною вимогою техніки безпеки є забезпечення в сушильних камерах допустимих протипожежними нормами концентрацій парів розчинників, для чого використовують потужні вентиляційні установки.

15.3.5 Контроль якості

На підприємствах з великосерійним і масовим випуском продукції існує три види контролю якості фарбування кузовів (кабін).

1. Контроль у заводській лакофарбовій лабораторії якості лакофарбових і допоміжних матеріалів, що надходять і використовуються під час фарбувальних робіт.

2. Контроль майстрами і наладчиками виконання фарбування в цеху.

3. Контроль працівниками відділу технічного контролю якості пофарбованих кузовів, складальних одиниць і деталей на контрольних

постах.

При перевірці якості використовуваного матеріалу в лабораторії випробовуються плівки лакофарбових матеріалів, нанесені на пластинки зі сталі, жерсті, скла тощо відповідно до нормативних документів на методи випробувань.

Підготовку поверхні пластинок, фарбування, сушіння і визначення товщини плівок проводять відповідно до вимог ГОСТів або ТУ на матеріал. Якість лакофарбових покриттів визначають такі основні показники: колір, чистота, блиск, твердість плівки, міцність під час удару і вигину, товщина плівки, стійкість плівки до дії різних агентів (води, олії, розчинників, солей, кислот, лугів тощо), адгезія тощо.

Колір плівки визначають, наносячи лакофарбовий матеріал на підкладку до повного вкриття і порівнюючи його після сушіння з колірними еталонами, кожен з яких має свій номер і відповідає кольору певного лакофарбового матеріалу.

Колір також можна визначити за міжнародною колориметричною системою на фотоколориметрі.

Чистоту лакофарбового матеріалу визначають візуально за одним шаром, нанесеним на підкладку методом наливу.

Блиск лакофарбового покриття оцінюють фотоелектричним методом, вимірюючи величину струму під час потрапляння на світлочутливий шар фотоелемента пучка світла, відбитого лакофарбовою плівкою. Дані порівнюються зі значенням параметра для спеціального скла, прийнятого за еталон у відсотковому співвідношенні. Результатом вважається середнє арифметичне значення трьох вимірювань на різних ділянках поверхні деталі. Для вимірювання блиску застосовуються фотоелектричні прилади – блискоміри.

Твердість плівки визначають за часом загасання коливань маятника, встановленого на поверхні лакофарбової плівки, порівняно з часом загасання коливань маятника, встановленого на пластинці зі скла. Вона повинна відповідати $0,5 \div 0,8$ умовним одиницям.

Твердість покриття визначають і іншими методами, наприклад, методом дряпання спеціальним різцем.

Міцність при вигині визначають за допомогою пристрою, що містить набір стрижнів різного діаметру. Зразки з жерсті товщиною $0,2 \div 0,3$ мм з нанесеним на них покриттям згинають на 180° так, щоб

зразок охоплював стрижень, а лакофарбове покриття перебувало зовні. Випробування проводять, переходячи від стрижнів більших діаметрів до стрижнів меншого діаметру, до появи на плівці механічних руйнувань, розтріскування або відшарування. Значення міцності визначає стрижень мінімального діаметра, під час вигину на якому лакофарбове покриття залишилося неушкодженим. Міцні плівки витримують без руйнування вигин навколо стрижня діаметром 1 мм.

Міцність при ударі визначають за максимальною висотою, з якої вантаж масою 1 кг, падаючи на лакофарбову плівку, не викликає її механічного руйнування.

Товщина плівки покриття може бути виміряна різними способами, наприклад, за допомогою магнітного вимірювача товщини покриттів ІТП–1. Дія приладу заснована на зміні сили тяжіння магніту до феромагнітної підкладки залежно від товщини немагнітної плівки.

Стійкість плівки до дії різних агентів визначають такими способами.

1. Вологостійкість покриття вимірюють у камері вологості (гідростаті) за температури 40°C і відносної вологості 100 %. Пофарбовані зразки закріплюють у штативі з корозійно–стійкого матеріалу і поміщають у гідростат. Оглядаючи зразки через 1, 3, 5, 10, 15, 20, 25, 30 діб, відзначають зміни зовнішнього вигляду покриття, утворення бульбашок, відшарування та інші види руйнування.

2. Стійкість покриття до сольового туману оцінюють за допомогою герметичної камери із середовищем сольового туману, що утворюється внаслідок розпилення форсунками тривідсоткового розчину хлористого натрію за температури до 40°C. Огляд зразків проводять аналогічно огляду під час визначення вологостійкості і відзначають час до порушення цілісності покриття.

3. Стійкість покриття за одночасного впливу ультрафіолетового випромінювання, води і теплоти проводять у ванні з дистильованою водою за температури 50°C. Опромінення проводять на відстані 240 мм від зразка ртутно–кварцовою лампою типу ПРК–2.

4. Стійкість покриття до впливу в різних кліматичних умовах визначають прискореним методом в апараті штучної погоди (везерометрі). Апарат обладнаний спеціальними пристроями, електродуговими, ртутно–кварцовими, ксеноновими та іншими лампами для створення різних умов – підвищеної вологості, перепадів

температур, імітації атмосферних опадів, тобто імітують умови помірної–континентального, субтропічного або інших кліматів.

Адгезію лакофарбових покриттів до металу оцінюють методом ґратчастого надрізу. На випробуваному зразку гострим лезом роблять п'ять–сім паралельних надрізів до основного металу на відстані 1÷2 мм залежно від товщини покриття і стільки ж надрізів перпендикулярно першим.



Рисунок 15.69 – Візуальний контроль якості покриття в безтіньовій камері (завод Jeep Wrangler, США)

У результаті утворюється решітка з квадратними комірками. Поверхню очищають пензлем і проводять оцінку за чотирибальною системою – за шкалою оцінки адгезії покриття методом ґратчастого надрізу:

Відшаровування шматочків покриття не спостерігається	1 бал
Незначне відшаровування до 5 % площі решітки	2 бали
Відшаровування вздовж лінії надрізів до 35 % площі решітки	3 бали
Відшаровування понад 35 % площі решітки	4 бали

Більш точно адгезійні властивості покриття визначають методом відриву наклеєної на покриття спеціальної липкої стрічки. Надрізка покриття при цьому виконується у вигляді паралельних ліній

на відстані 1 мм одна від одної.

Для контролю технологічного процесу в цехах з великим об'ємом лакофарбових робіт створюють експрес-лабораторії, в яких лаборанти систематично перевіряють стан технологічного процесу за спеціально створеними схемами.

Після фарбування кузова (кабіни) якість покриття оцінюється контролерами відділу технічного контролю візуально. Встановлюється збіг тону поверхні з еталоном, відсутність різнотонності та нефарбованих місць, забруднень, плям, тріщин, здуття, відшаровування тощо. Візуальному огляду піддається 100 % виробів. Потім покриття перевіряється спеціальними контрольними приладами. Вивчаються причини виникнення дефектів лакофарбових покриттів.

Питання для самоперевірки

1. Назвіть характерні особливості кузовних конструкцій.
2. За рахунок чого забезпечується висока якість кузова?
3. Які основні завдання, які стоять перед конструкторами, технологами кузовного виробництва автомобільного заводу?
4. Які вимоги висуваються до матеріалів призначених для виготовлення кузовів?
5. На які види поділяють холоднокатаний листовий прокат призначений для низки внутрішніх невідповідальних деталей кузовів і кабін?
6. Що таке штампованість сталі?
7. Як впливає вміст вуглецю в сталі?
8. Що чинить найбільший негативний вплив на штампованість сталі?
9. Які поверхні деталі називаються основними?
10. Які поверхні деталі називаються допоміжними?
11. Які поверхні деталі називаються вільними?
12. Як класифікують кузовні деталі за розмірами?
13. Як класифікують кузовні деталі за призначенням?
14. На які групи діляться деталі за ознакою симетричності?
15. Як класифікують кузовні деталі за технологічними ознаками?
16. Що необхідно враховувати під час конструювання кузовних деталей?
17. Що таке майстер-модель?

18. Назвіть етапи розробки технологічного процесу штампування деталі.
19. Які способи розроблення витяжного переходу ви знаєте?
20. Чому після витяжки деталі інколи обрізку технологічного припуску доводиться виконувати у кілька прийомів?
21. Як впливає кількість обрізних операцій на якість штампованої деталі?
22. Для чого листоштампувальні преси оснащуються різними додатковими механізмами? Назвіть ці пристрої.
23. Що розуміють під точністю штампованих кузовних деталей? Від чого ця точність залежить?
24. Назвіть методи контролю якості кузовних деталей при штампуванні виробничої партії.
25. Поясніть термін «штампуванням деталей потоком».
26. Які конструктивні та технологічні особливості характерні для кузовів легкових автомобілів, кабін вантажних автомобілів, кузовів автобусів?
27. Що таке збірність кузовних конструкцій?
28. Які види зварювання застосовуються під час виготовлення кузовів і кабін?
29. Назвіть операції технологічного процесу складання—зварювання складальної одиниці.
30. Як виконується контроль якості зварювання?
31. Як здійснюється підготовка кузова до фарбування?
32. Коротко опишіть технологічний процес фарбування кузова.
33. Які недоліки фарбування кузова пневматичним розпиленням ви можете назвати?
34. Як здійснюється сушіння кузова після фарбування?
35. Як оцінюється якість фарбового покриття кузова?

ТЕМА 16. СКЛАДАННЯ АВТОМОБІЛІВ ЯК ЗАВЕРШАЛЬНИЙ ЕТАП ЇХ ВИГОТОВЛЕННЯ

Сучасне автомобілебудування випускає широку номенклатуру виробів, що відрізняються функціональними властивостями, технічними та економічними параметрами. При цьому явно проглядаються *дві тенденції розвитку виробництва*:

- 1) збільшення номенклатури виробів, що випускаються, для забезпечення всіх вимог споживача;
- 2) скорочення термінів їх оновлення.

У першому випадку поставлені завдання вирішуються створенням конструкцій виробів за блочно–модульним принципом, що дає змогу з набору типових вузлів компоувати машини з різними споживчими властивостями.

Для вирішення завдань другого напрямку створюються технології, що забезпечують випуск різних виробів із мінімальними витратами ресурсів і часу на перехід від однієї моделі до іншої. При цьому конструктивна складність виробів машинобудування зростає приблизно вдвічі кожні 10–15 років, зростають вимоги до їхньої якості та надійності.

Аналіз машинобудівного виробництва показав, що наявні значні диспропорції в розвитку технологічних процесів є гальмом для комплексної автоматизації виробництва. Якщо в заготівельному, механообробному та інших виробництвах відбулися дуже великі зміни в структурі парку технологічного устаткування, що призвело до істотного скорочення ручної праці та підвищення якості продукції шляхом впровадження сотень тисяч напівавтоматів, автоматів, автоматичних ліній і дільниць, то в складальному виробництві ручна праця все ще залишається переважаючою (рис. 16.1).

Якість складального процесу безпосередньо впливає на якість готової продукції і найкраще забезпечується автоматичним складанням. Інша перевага автоматизованого складання – виключення монотонної, а іноді фізично важкої ручної роботи, тобто гуманізація виробничих процесів.

Здавалося б, ці дві обставини мають сприяти широкій автоматизації складальних процесів, однак і донині рівень

автоматизації залишається низьким. На машинобудівних заводах промислово розвинених країн у середньому кожен четвертий робітник зайнятий на складальних операціях, причому більша частина роботи виконується вручну.



Рисунок 16.1 – Приклад використання ручної праці при виробництві електричних джгутів для автомобілів на українському заводі компанії «Leoni AG» у м. Коломия

Зовсім недавно необхідність в автоматизації складальних процесів диктувалася дефіцитом робочої сили. Люди не хотіли займатися монотонною, напруженою працею, яка не потребує високої кваліфікації, навіть за відносно високих заробітків. Однак сьогодні, в умовах надлишку робочої сили, під час комплектування складальних дільниць робітниками–операторами залишаються ті самі проблеми.

Досвід західних промислово розвинених країн показує, що в основному через проблеми із забезпеченням власних складальних виробництв «дешевими кваліфікованими кадрами», підприємства були змушені шукати нові організаційні форми складання – переносити виробництво в Китай (рис. 16.2), та країни Південно-Східної Азії (Таїланд, В'єтнам, Малайзія, Філіппіни, Індонезія).

А тепер західні виробники вимушені повертати виробництво

назад до себе в країни, та проводити комплексну автоматизацію виробництва. Оскільки за висловом відомих світових економістів «епоха дешевих товарів з Китаю добігла кінця», тому що азіатська молодь яка була основною частиною штату тамтешніх заводів і фабрик, більше не хоче працювати на виробництві.



Рисунок 16.2 – Завод з виробництва електронних компонентів у Китаї

В серпні 2023 р. «Wall Street Journal» дослідив цей тренд та його вплив на світ, та стверджує, що у Китаї в червні 2023 р. безробіття молоді в містах вже становило 21 %. Схожі процеси зараз відбуваються у В'єтнамі. А все це має свої наслідки для брендів, ринків і споживачів.

Адже саме дешева робоча сила Азії в останні три десятиліття дозволяла світовим споживачам насолоджуватися широким асортиментом дешевих товарів. Оскільки у 1990-х, Китай і низка інших азіатських країн тільки ставали частиною світової економіки, перетворивши нації бідних селян на «двигуни виробництва».

Саме завдяки цьому значно подешевшали товари тривалого користування, наприклад, комп'ютери, побутова електроніка, велика

кухонна техніка або навіть меблі.

Але зміна поколінь вносить свої корективи в устрій, до якого вже звик світ. Молодь, яка освіченіша за своїх батьків і завдяки Інтернету спостерігає (в соцмережах) в режимі реального часу розмаїття способів – взагалі іншого життя, вирішує, що вони не повинні обмежуватися лише стінами заводів і фабрик з їхнім потогінним режимом роботи, коли життя звичайної людини перетворюється на функцію біоробота.

Демографічні зміни теж відіграють свою роль. Молоді люди в Азії народжують менше дітей і не так рано, як батьки. Тому вони не відчують необхідності забезпечити собі стабільний дохід до 30 років. А успішна сфера послуг пропонує менш виснажливу роботу за ті ж самі (або навіть більші) гроші ніж на виробництві, працюючи наприклад продавцями в торгових центрах, адміністраторами в готелях, або навіть інтернет-консультантами та блогерами.

Отже відомі економісти стверджують що Азія вже не буде світовим виробничим центром недорогих товарів – людям і брендам вже зараз доведеться змінювати свої споживчі звички.

«Wall Street Journal» підсумовуючи стверджує що головна сучасна тенденція – це підвищення цін на товари, повернення виробництв у країни розробники технологій, та все більша роботизація та автоматизація виробничих процесів.

Детальний аналіз процесів складання і різних аспектів його автоматизації дав змогу виявити **головні проблеми в цій галузі виробництва:**

- непристосованість конструкцій машин і їхніх частин до вимог автоматичного складання;
- неефективність заміни механізмами ручних операцій складання без докорінної зміни їх змісту;
- жорсткі вимоги до точності автоматичних складальних машин і їхня висока вартість;
- труднощі в забезпеченні швидкого переналагодження, гнучкості, надійності складального обладнання.

Є чимало прикладів ефективного вирішення цих проблем. Однак під час автоматизації складання ризик невдалого рішення набагато вищий, ніж, наприклад, у сфері обробки деталей. Можливо, тому у світі кількість фірм, зайнятих виготовленням складальних машин і ліній, у десятки, навіть сотні разів менша, ніж

верстатобудівних.

Технологія та автоматизація процесів складання – це найбільш наукомістка галузь машинобудування.

Складання – це заключний етап будь-якого виробничого процесу в машинобудуванні, проте технологічні процеси механічної обробки завжди виявляються підпорядкованими технології складання, тому **технологія виробництва будь-якого виробу починається з опрацювання технології складання**.

Тільки розглядаючи двигун як закінчений агрегат, можна визначити призначення кожної окремої деталі, установити для неї необхідну точність розмірів і шорсткість, визначити вимоги до поверхневого шару, тобто призначити технічні умови на виготовлення і складання агрегату. Вивчивши технологію складання машини і роботу вузлів та окремих деталей, призначають допуски розмірів на сполучні поверхні, і визначають метод складання.

Трудомісткість складання становить 25÷35 % загальної трудомісткості виготовлення виробів; у разі великого обсягу пригінних робіт (одиничне і дрібносерійне виробництво) вона може досягти 40÷50 %.

Основні напрямки підвищення продуктивності складання – усунення пригінних робіт, раціональна побудова технологічного процесу, механізація та автоматизація. Конструкція машини повинна забезпечувати її складання з попередньо зібраних вузлів, що дає змогу здійснювати паралельне складання і випробування вузлів, скорочує тривалість циклу складання (рис. 16.3).

У технічних умовах вказують точність складання, якість сполучення, їхню герметичність, жорсткість стиків, моменти затягування різьбових з'єднань, точність балансування обертових частин та інші технічні відомості. А також призначають метод виконання з'єднань, послідовність складання, методи проміжного та остаточного контролю виробу.

На основі аналізу конструкції виробу передбачають конструктивні зміни, що спрощують складання. Прогнозують перспективність виробництва виробів, оскільки від цього залежить ступінь механізації та автоматизації складання.

Конструктор визначає методи забезпечення заданої точності замикальних ланок розмірних ланцюгів, які можуть бути змінені, якщо технолог запропонує більш раціональний метод складання.

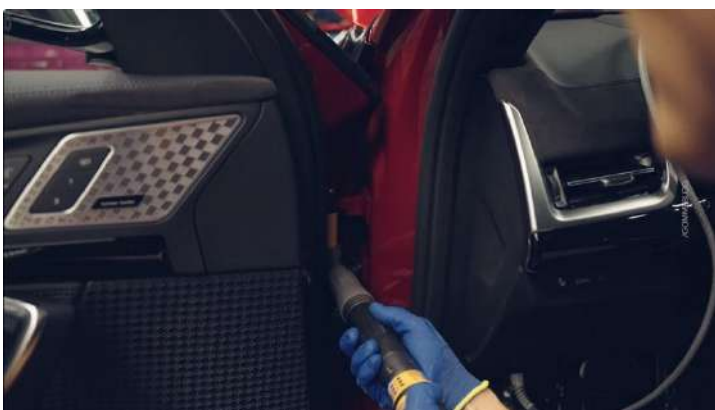


Рисунок 16.3 – Процес установки і регулювання дверей на BMW X2

Зменшення кількості деталей і вузлів, а також використання стандартних деталей і вузлів знижують вартість виготовлення машини. Нормалізація кріпильних та інших деталей скорочує номенклатуру складальних інструментів і дає змогу ефективніше використовувати засоби механізації складальних робіт.

Необхідно забезпечувати зручне підведення механізованого складального інструменту до місць з'єднання деталей і легкість захоплення їх вантажопідійомними пристроями.

16.1 Особливості складальних процесів, методи забезпечення надійності якості виробу

Технологічний процес складання проектується на основі складальних креслень виробу, технічних умов його приймання, враховуючи програму випуску виробу. Вивчаються рекомендації щодо поліпшення технологічності конструкцій даного виробу, каталоги складального і підйомно–транспортного обладнання, альбоми складального технологічного оснащення, нормативи з нормування складальних робіт, розглядаються приклади складання аналогічних виробів.

Мета технологічних розробок – докладний опис процесів складання виробу, визначення необхідних засобів виробництва, площ, робітників, трудомісткості та собівартості складання виробу.

Технологічні процеси розробляють під час проектування нових і реконструкції вже наявних заводів, під час організації випуску нових виробів.

Завершується розробка складанням технологічних схем загального і вузлового складання (рис. 12.11), які в наочній формі відображають маршрут складання виробу і його складових частин.

Технологічні схеми складання розроблюють на основі складальних креслень виробу. Наявність зразка виробу полегшує складання технологічних схем. У цьому випадку оптимальна послідовність складання може бути встановлена шляхом його пробного розбирання.

Елементи, що знімаються в нерозібраному вигляді, являють собою частини виробу, на які далі складають технологічні схеми вузлового складання; деталі, що знімаються окремо, є елементами, які безпосередньо входять у загальне складання виробу.

Потім складаються технологічні схеми загальної та вузлових збірок. При цьому виріб розкладають на складальні одиниці.

Деталь – первинний елемент виробу. Його характерна ознака – відсутність у ньому роз'ємних і нероз'ємних з'єднань. Базовим елементом називають деталь (вузол), з якого починають складання.

У сучасному машинобудуванні складання розчленовується на загальне і вузлове.

Кожен елемент виробу умовно позначений на схемі прямокутником, розділеним на три частини. У верхній частині вказують найменування елемента, у лівій нижній частині – його індекс, у правій нижній частині – кількість елементів, що складаються.

Індекси елементів відповідають номерам деталей і вузлів на кресленнях і в специфікаціях.

На основі обраних маршрутів розробляють технологічні схеми вузлових і загальних збірок виробу.

Технологічні схеми складання відображають структуру і порядок комплектування виробу і його вузлів, спрощують розробку процесів складання і дають змогу оцінити технологічність конструкції виробу в частині повноти дотримання принципу вузлового складання.

Технологічні схеми складання можуть містити додаткові написи про зміст операцій (приварити, спільно свердлити і розгорнути, регулювати зазор тощо).

Якщо виріб має кілька розмірних ланцюгів, то складання слід починати з найскладнішого і найвідповідальнішого ланцюга, ланки якого є складовими інших простіших ланцюгів. Завершують складання постановкою елементів, які утворюють замикальну ланку розмірного ланцюга.

Остаточні варіанти схем складання уточнюються на стадії розроблення маршрутів. Якщо допуск на замикальну ланку даного розмірного ланцюга дорівнює або більший за суму допусків на всі інші ланки, то застосовують найпродуктивніший метод складання – метод повної взаємозамінності.

У разі багатоланкового ланцюга і невеликих значень допуску на замикальну ланку іноді передбачають складання методом часткової (неповної) взаємозамінності, допускаючи певний відсоток ризику отримання браку під час складання.

За ризику браку менше ніж 1 % і кількості ланок більше ніж шість допуски на складові ланки можна розширити в 1,5÷2 рази. У

цьому разі економія від зниження точності обробки деталей може перевершувати витрати виробництва на розбирання і доведення невеликої кількості некондиційних виробів. За високої точності замикальної ланки і малоланкового ланцюга застосовують метод групової взаємозамінності.

Якщо перераховані методи неприйнятні, то складання виконують за допомогою пригонки або регулювання. У першому випадку в кресленнях виробу обумовлюють, по яких поверхнях роблять пригонку. У другому випадку в конструкції передбачають відповідний компенсатор. Пригоночні та регулювальні роботи підвищують трудомісткість складання.

Темп складання і тип виробництва. За технологічними схемами вузлів і загальним складанням виробу виявляють основні складальні операції, а потім визначають необхідний для їх виконання час. Далі розраховують календарний темп загального і вузлового складання за формулою:

$$t = F/N, \quad (16.1)$$

де F – річний фонд робочого часу;

N – річна програма випуску виробів (вузлів).

При однозмінній роботі $F = 2070$ год, при двозмінній $F = 4140$ год. Якщо темп складання значно перевершує середню тривалість операцій, то складання ведуть за принципом серійного виробництва. На одному робочому місці періодично (партіями) збирають прикріплені до нього різні вироби і вузли.

Якщо темп близький або менший за середню тривалість операцій, то складання ведуть за принципом масового виробництва, закріплюючи за кожним робочим місцем певну складальну операцію. У цьому випадку складання виконується потоковим методом.

Враховуючи сказане раніше в цьому розділі, а саме про головну сучасну тенденцію у машинобудуванні, яка полягає в роботизації та автоматизації виробничих процесів, слід відмітити що все це робиться на основі сучасних інформаційних технологій виробничого призначення.

Тобто відбувається **комплексна комп'ютеризація всього життєвого циклу виробництва продукції**. А методологічним

підґрунтям для пропаганди та розвитку ідей комплексної автоматизації та інтеграції промислових систем виступає саме стратегія **CALS** (Continuous Acquisition and Life cycle Support – безперервний розвиток і підтримка життєвого циклу продукції на основі нових інформаційних технологій).

CALS-технології дають змогу розробити та забезпечити ефективне функціонування інтегрованої системи управління життєвим циклом виробу, так званого PLM-рішення (Product Life cycle Management).

Впровадження на сучасному підприємстві комплексної PLM-системи – вельми витратний і тривалий процес, що зачіпає діяльність більшості служб і підрозділів підприємства. В індустріально розвинених країнах, досягнення CALS/PLM насамперед використовують у складному машинобудуванні (авіа-, автомобілебудуванні та інших галузях), де в ланцюжку прикладних систем, що підтримують етапи життєвого циклу виробу, найбільшою мірою розроблено технології інтеграції для CAD/CAM/CAE-систем.

Задачі, що вирішуються за допомогою CALS/PLM-технологій, вельми широко розширюють традиційні рамки САПР, а на одне з провідних місць виходять проблеми управління процесами проектування, виробництва та експлуатації, зокрема автоматизація документообігу, логістика та управління якістю продукції, що випускається.

Практично всі провідні фірми – виробники програмного забезпечення САПР активно створюють власні засоби керування інженерними даними. І до абревіатури, що позначає сферу їхньої діяльності, міцно додалася ще одна важлива частина - PDM (Product Data Management - система управління інженерними даними).

Для впроваджувальних фірм-інтеграторів, що займаються автоматизацією проектування і конструкторсько-технологічної підготовки виробництва, PDM-система є основним інструментом під час формування комплексного PLM-рішення для підприємства.

Отже сьогодні, вся робота з розробки такого складного механічного виробу яким є автомобіль, подальша розробка всіх технологічних процесів його складання та випуску – «переміщена» у єдиний цифровий простір підприємства, тобто у PDM-систему.

За допомогою PDM-систем здійснюється відстеження великих масивів даних та інженерно-технічної інформації, необхідних на всіх

етапах проектування та виробництва, а також підтримка експлуатації, супроводу та утилізації технічних виробів.

Такі дані, що відносяться до одного виробу і організовані PDM-системою, називаються цифровим макетом. PDM-системи інтегрують інформацію будь-яких форматів і типів, надаючи її користувачам уже в структурованому вигляді (при цьому структуризація прив'язана до особливостей конкретного, сучасного промислового виробництва).

PDM-системи працюють не тільки з текстовими документами, а й з геометричними моделями і даними, необхідними для функціонування автоматичних ліній, верстатів з ЧПУ тощо, причому доступ до таких даних здійснюється безпосередньо з PDM-системи.

За допомогою PDM-систем можна створювати звіти про конфігурацію систем, що випускаються, маршрути проходження виробів, частини або деталі, складати списки матеріалів та ін. Усі ці документи за необхідності можуть відображатися на екрані монітора виробничої або конструкторської системи з однієї і тієї ж бази даних.

Однією з цілей запровадження на сучасних підприємствах PDM-систем і є **забезпечення можливості групової роботи над проектом**, тобто перегляду в реальному часі та спільного використання фрагментів загальних інформаційних ресурсів підприємства.

А одним з елементів PDM-системи є спеціальне програмне забезпечення для глобальних промислових операцій, яке спеціалізується на **цифровому виробництві та моделюванні технологічних процесів виробництва**, таке як наприклад DELMIA, французької корпорації Dassault Systèmes (читається як «Дасо системз»). Аббревіатура DELMIA означає: Digital Enterprise Lean Manufacturing Interactive Application – Інтерактивний додаток для ошадливого виробництва на цифровому підприємстві.

Отже сьогодні, розробка всього технологічного процесу складання виробу, а в нашому випадку – це автомобіль, ведеться саме в спеціальних програмах типу DELMIA, які не тільки автоматизують усі необхідні розрахунки а й дозволяють візуалізувати сам майбутній процес складання виробу з метою його перевірки, оптимізації та подальшого швидкого впровадження на ділянках заводу (рис. 16.4).

Але детальний огляд цих технологій не є предметом розгляду даного навчального курсу. Всі ці інформаційні технології розглядаються в інших курсах лекцій, наприклад «Основи САПР».

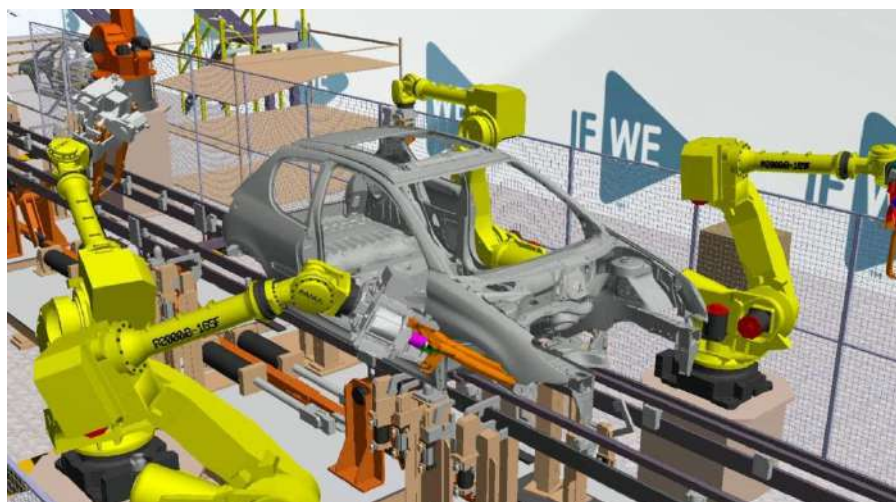
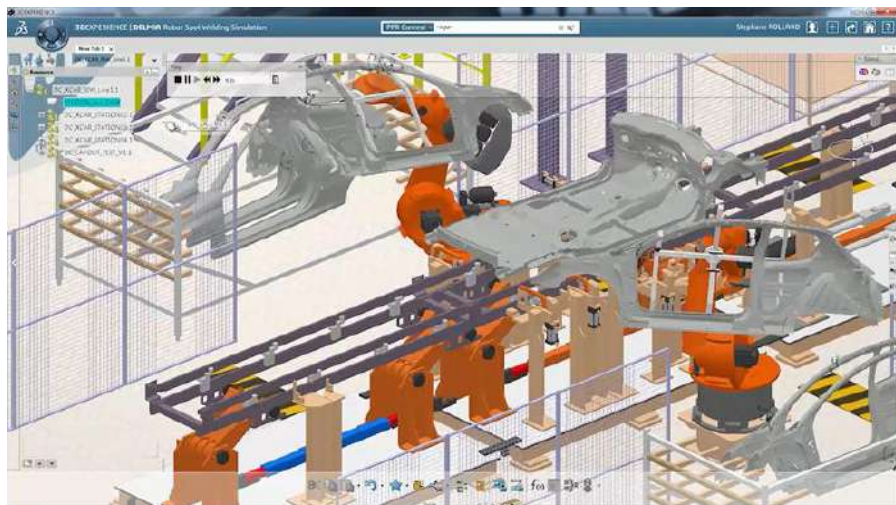


Рисунок 16.4 – Візуалізація розробленого технологічного процесу зварювання роботами автомобільного кузова в програмі DELMIA

16.1.1 Побудова складальних операцій

Слід прагнути до того, щоб на кожному робочому місці виконувалася якомога однорідна за своїм характером і технологічно

закінчена операція. Це сприяє підвищенню спеціалізації робітників і продуктивності праці.

Під час детального проектування складальних операцій уточнюють раніше намічений зміст, виявляють послідовність і можливість поєднання переходів збирання в часі, визначають схеми встановлення та закріплення базового елемента виробу, встановлюють умови виконання з'єднань, обирають устаткування, інструменти та пристрої або складають технічні завдання на їхнє конструювання, встановлюють режими роботи складального устаткування, визначають норми часу на операції та кваліфікацію робітників, складають схеми налагоджування складального обладнання, складають схеми налагодження.

Проектуючи складальну операцію, прагнуть до зменшення штучного часу. Цього досягають застосуванням високопродуктивних інструментів і пристосувань зі швидкодійними установчо–затискними пристроями. Великий ефект дає одноразове використання декількох складальних інструментів (багатоінструментальні схеми) і пристосувань для закріплення декількох об'єктів, що збираються (багатомісні схеми).

Залежно від порядку використання інструментів застосовують схеми послідовного, паралельного і паралельно–послідовного виконання технічних переходів; поєднання зазначених ознак дає низку схем від найменш продуктивних: одномісних, одноінструментальних, послідовних – до найпродуктивніших: багатомісних, багатоінструментальних, паралельних.

Значному підвищенню продуктивності праці сприяє застосування механізованих складальних інструментів (гвинто– і гайкокрутів, пневмомолотків, переносних пристроїв для запресовування та ін.).

У великосерійному і масовому виробництві знаходить застосування високопродуктивне складальне обладнання (складальні автомати і напівавтомати, автоматичні та напівавтоматичні лінії). Шляхом концентрації технологічних переходів продуктивність підвищується в 5 разів і більше і в 2–3 рази скорочується потреба у виробничих площах.

На основі технологічних розрахунків встановлюють умови виконання складальних операцій (зусилля запресовування, kleпання, температуру нагріву), визначають основні характеристики та розміри

складального устаткування й оснащення (тоннаж преса, температуру й об'єм робочого простору нагрівальних пристроїв, потужність складальних установок тощо), призначають режим роботи складального устаткування.

Норми часу на складальні операції визначають за переходами складання, враховуючи можливість суміщення переходів і прийомів. Тривалість переходів установлюють за нормативами оперативного часу з урахуванням часу на обслуговування робочого місця і перерв у роботі.

16.1.2 Організація складання

Під час побудови маршруту та операцій складання вирішуються питання організації процесу складання. Складання може бути потоковим і непотоковим. Потокове складання більш продуктивне.

При потоковому складанні скорочуються цикли виробництва і міжопераційні залишки деталей, підвищується спеціалізація робітників, з'являється можливість механізації та автоматизації виробництва, зменшується трудомісткість виробів.

Переміщення об'єкта, що збирається, від одного робочого місця до іншого при потоковому складанні може здійснюватися:

- вручну (по верстаку, по рольгангу, на візках);
- за допомогою механічних транспортувальних пристроїв, які використовуються виключно для міжопераційного переміщення виробів (рис. 16.5);
- на конвеєрі з періодичною зупинкою для виконання складання;
- на конвеєрі, що безперервно рухається.

Потокове складання може здійснюватися і при нерухомому об'єкті. При цьому робітники виконують операції, послідовно переходячи від одного нерухомого стенда до іншого. Цю організацію складання доцільно застосовувати в серійному виробництві за значного штучного часу, особливо для складання важких машин, переміщення яких ускладнене.

Темп при складанні визначається за формулою:

$$T = (T_{см} - T_{об} - T_n) / N_{см}, \quad (16.2)$$

де $T_{см}$ – тривалість робочої зміни;

$T_{об}$ – час обслуговування робочих місць;
 $T_{п}$ – час перерв для відпочинку;
 $N_{см}$ – кількість випущених виробів за зміну.



Рисунок 16.5 – Процес перевертання підібраної рами вантажівки Ford при переміщенні на наступне робоче місце під час складання

Під час потокового складання з нерухомим об'єктом, що збирається, і під час переміщення об'єкта, що збирається, від одного робочого місця до іншого вручну, або за допомогою механічних транспортувальних пристроїв, або конвеєрів із періодичною

зупинкою, сума оперативного часу і часу, що витрачається на перехід робітників від одного станду до іншого або на переміщення об'єкта, що збирається, від одного робочого місця до іншого, не має перевищувати дійсного темпу збирання.

Під час складання на безперервно рухомому конвеєрі швидкість конвеєра зазвичай становить 0,25–3,5 м/хв. При цьому конструкція виробу має бути ретельно відпрацьована і відповідати технологічним умовам потокового виробництва.

Необхідно забезпечувати безперебійне, пов'язане з темпом складання постачання складальної лінії деталями і вузлами. Слюсарно–пригоночні роботи допускаються лише в тому разі, якщо вони регламентовані за часом і пов'язані з темпом складання. У разі індивідуального припасування елементів виробу необхідно, щоб такі надходили на складання спільно. Потокове складання підвищує продуктивність праці.

16.1.3 Технічний контроль

Під час складання перевіряють правильність взаємного розташування елементів виробу, якість виконаних з'єднань (момент затягування різьбових з'єднань, силу запресовування, зазори в сполученнях, герметичність з'єднань, якість припасування поверхонь, що стикаються, тощо), правильність постановки деталей, масу вузлів і виробу загалом, врівноваженість частин виробу, що обертаються, та ін. Як засоби технічного контролю використовують універсальні інструменти (щупи, індикатори, динамометричні ключі тощо), а також спеціальні контрольно–вимірювальні пристрої та пристосування.

Контроль ділиться на приймальний і проміжний. Під час приймального контролю перевіряються всі зібрані вироби і найбільш відповідальні вузли. Проміжний контроль (суцільний або вибірковий) проводиться після виконання найскладніших операцій і тих операцій, де висока ймовірність браку.

16.1.4 Випробування

Заключною контрольною операцією технологічного процесу виготовлення машини є випробування. Випробування можуть бути приймальними, контрольними і спеціальними виробничими.

Приймальні випробування проводять для визначення фактичних експлуатаційних характеристик машин (продуктивність, потужність, витрата палива, точність розмірів тощо), перевірки правильності роботи механізмів і вузлів.



Рисунок 16.6 – Процес перевірки експлуатаційних характеристик сідельного тягача MAN на роликівому стенді

Машина, що надходить на випробувальну станцію, повинна мати супровідну карту, в яку заносяться дані про результати перевірки окремих вузлів у процесі складання.

Під час випробування створюють умови, близькі до умов

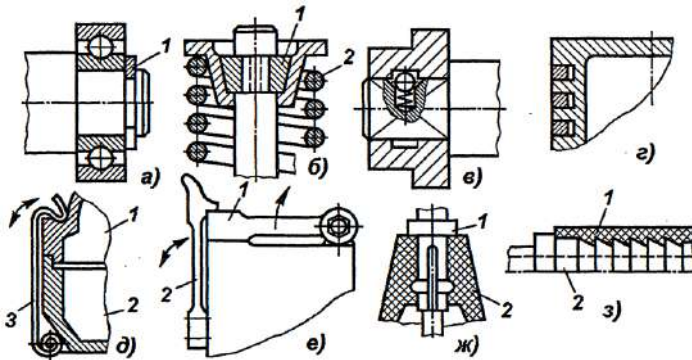
експлуатації, перевіряють правильність дії органів керування, точність і надійність роботи механізмів, відсутність мимовільних зсувів, заїдань, повертання тощо.

16.2 Види складальних з'єднань. Засоби механізації складальних операцій

З'єднання бувають рухомі роз'ємні, рухомі нероз'ємні, нерухомі роз'ємні, нерухомі нероз'ємні. Найпоширенішими є роз'ємні з'єднання, проте останнім часом частка нероз'ємних з'єднань збільшується у зв'язку з ростом неремонтованих складальних одиниць.

З'єднання нероз'ємні нерухомі виконують шляхом пластичної деформації (розвальцьовування, обтискання, встановлення шплінтів тощо) або пружної деформації деталей, які з'єднуються (запресовування, тепловий вплив).

Крім того, великого поширення набули механічні роз'ємні з'єднання за допомогою стопорних пружних кілець, розрізних шайб, засувок, пружинних фіксаторів, клем і пружних елементів. На рис. 16.7 наведено приклади таких з'єднань.



a – з розділним стопорним кільцем 1; *б* – клапан з розрізними сухариками 1 і пружиною 2; *в* – з підпружиненою розвальцьованою кулькою; *г* – поршень-кільце; *д* – кришка 1 з корпусом 2, зібрані за допомогою пружної засочки 3; *е* – відкидна кришка 1 з пружиною засочкою 2; *ж* – пружний наконечник з кришкою 2; *з* – дюритовий шланг 1 з металевим патрубком 2

Рисунок 16.7 – Види з'єднань

Нерухомі з'єднання виконуються за допомогою зварювання, паяння, шляхом склеювання і запресовування. Вони, як правило, здійснюються на проміжних етапах механічної обробки.

Основними засобами при слюсарно-пригоночних роботах є ручні машини.

Ручні машини – це механізований інструмент із вбудованими двигунами, масу яких повністю або частково сприймають руки оператора, який керує машиною. Маса ручних машин 1,5–10 кг.

Для приведення в дію робочого органу в ручних машинах використовують пневматичні (ротаційні лопатеві, турбінні, поршневі), електричні (постійного струму, однофазні, трифазні), рідше гідравлічні (ротаційні лопатеві, поршневі, гвинтові) приводи.

За призначенням розрізняють ручні машини загального застосування (свердлильні, шліфувальні та полірувальні, фрезерні), для слюсарно-доводочних робіт (розвальцювальні, розгортальні, зенкувальні, обпилювальні, ножиці, кромкорізи, шабери, пили по металу, зачисні та рубильні молотки), для складальних робіт (різбозакручувальні, різьбонарізні, клепальні молотки, скобозабивні).

Свердлильна машина може використовуватися не тільки для свердління, а й для зачищення, шліфування та полірування при встановленні в шпindel відповідного робочого інструменту.

За функціями свердлильні машини ділять на прямі та кутові (для роботи у важкодоступних місцях). Свердлильні машини можуть мати кілька швидкостей обертання робочого органу або плавне регулювання частоти обертання.

Шліфувальні машини застосовують для зняття наплавів металу, видалення літників, зачищення зварних швів і задирок, а також полірування (рис. 16.8). Шліфувальні машини можуть бути прямими і кутовими. Найпоширенішими є прямі шліфувальні машини з абразивними циліндричними кругами.

Для зачищення, відрізання та полірування використовують кутові шліфувальні машини з різними насадками: чашковими абразивними колами, металевими щітками, абразивними дисками і підкладними еластичними колами зі шліфувальною шкуркою.

Для обробки великих поверхонь застосовують стрічково-шліфувальні машини зі стрічковою шліфувальною шкуркою. Для обробки плоских або металевих поверхонь невеликої кривизни використовують плоскошліфувальні машини з робочим органом –

платформою, яка здійснює круговий плоскопаралельний рух. Робочий інструмент цих машин – шліфувальна шкурка.



Рисунок 16.8 – Процес полірування кутовою шліфмашинкою окремих зон лакофарбового покриття кузова MINI R56 на заводі Mini в Англії (MINI Plant Oxford in the United Kingdom)

В автомобілебудуванні застосовують клепальні та рубильні молотки. За допомогою клепальних молотків роблять клепку діаметром 3÷32 мм. Застосовуючи різні наконечники, можна виконувати й інші роботи, наприклад, запресовувати деталі, зачищати, зрубувати старі заклепки тощо.

За допомогою пневматичних рубильних молотків виконують рубку металу, карбування, очищення виливків від ливників, вирубка раковин, зачищення зварних швів тощо. Ножиці призначені для прямолінійного і фігурного різання листового матеріалу зі сталі, сплавів кольорових металів, пластмас, гуми тощо. Розрізняють ножиці ножові, вирубні, дискові та важільні.

Найбільшого поширення набули ножові та вирубні ножиці. У ножових ножиць одне лезо рухоме, інше нерухоме, а у вирубних ножиць матеріал послідовно просікається пуансоном. При вирізанні отворів і деталей складної конфігурації зручніше використовувати вирубні ножиці, оскільки вони не деформують заготовку.

Фрезерні машини використовуються для виконання пазів, гнізд, різних заглиблень у металевих, пластмасових і дерев'яних деталях. Для цих же робіт застосовуються механічні шабери і напилки, рубанки.

Для складальних робіт використовують багато- і одношпindelні гайковерти. Основою багатошпindelних гайковертів є різьбозакручувальні шпindelі (силові головки), які збирають за агрегатним принципом спільно з пусковою і контролюючою апаратурою. Багатошпindelні гайковерти застосовують для різьбових з'єднань М3–М30 з моментами затягувань 20÷500 Нм.

Багатошпindelні гайковерти компонують на базі різьбозакручувальних силових головок, які забезпечуються вбудованими двигунами (пневматичними, електричними, гідравлічними). Для вбудовування в багатошпindelні гайковерти корпуси силових головок мають спеціальні фланці або посадочні пояски. Багатошпindelні гайковерти оснащуються різними пристроями, що забезпечують вимкнення відповідного шпindelя при досягненні заданого крутного моменту з точністю 12–15%.

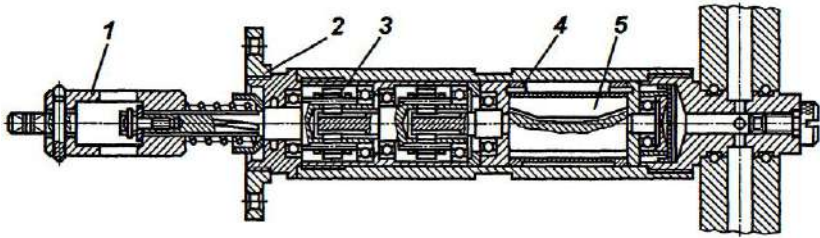
Деякі зарубіжні фірми випускають пневматичні двошвидкісні силові головки. Під час загортання гайки по стрижню болта шпindel обертається з великою швидкістю і малим моментом. Під час зіткнення торця гайки з деталлю починається затягування, момент опору на шпindelі збільшується, спрацьовує спеціальний механізм, і шпindel починає обертатися з малою частотою і великим моментом. Це дає змогу зменшити витрату повітря, потужність двигуна та габаритні розміри силової головки.

У багатьох силових головках шпindel пов'язаний із приводом через муфту обмеження обертального моменту, яку можна налаштувати в невеликих межах. До таких муфт належать магнітні, кулачкові, кулькові, фрикційні.

На рис. 16.9 показано типову пневматичну силову головку. У корпусі головки змонтовані планетарний редуктор і пневмодвигун. На шпindelі встановлено підпружинений патрон, для кріплення головки передбачено фланець.

Для загвинчування шпильок за допомогою багатошпindelних установок випускають пневматичні силові головки–шпильковерти (рис. 16.10). Головка призначена для різьблення М14. Найбільший

обертальний момент на шпинделі – 48 Нм, витрата повітря – 1,2 м³/хв, маса головки – 2,1 кг.

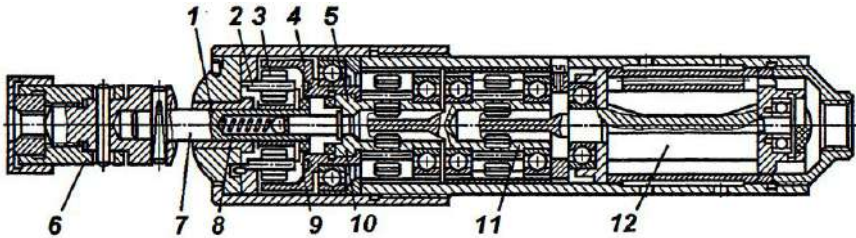


1 – патрон; 2 – фланець для кріплення головки; 3 – планетарний редуктор; 4 – корпус головки; 5 – пневмодвигун

Рисунок 16.9 – Пневматична силова головка

Обертальний момент від ротора передається шпинделю через двоступеневий планетарний редуктор і механізм реверсу. Кожен ступінь редуктора має ведуче зубчасте колесо з внутрішніми зубами і водило з двома сателітами.

На різьбовому кінці водила встановлено обертове зубчасте колесо з внутрішніми зубами, що обертається, яке є ведучим у механізмі реверсу. Паразитні колеса, що сидять на осях у нерухомому корпусі, зачіпляються з центральним колесом, яке вільно обертається на шпинделі.



1 – центральна вісь; 2 – вісь сателітів; 3 – сателіти; 4 – зубчасте колесо; 5 – механізм реверсу; 6 – патрон; 7 – шпинделі; 8 – центральне колесо; 9 – нерухомий корпус; 10 – водило; 11 – редуктор; 12 – ротор

Рисунок 16.10 – Пневматична силова головка–шпильковерт

При осьовому навантаженні шпиндель, рухаючись назад, з'єднується з кулачками вихідного вала (водила) редуктора,

отримуючи праве обертання для загортання шпильки. При припиненні натискання він під дією пружини переміщається вперед і входить у зачеплення із зубчастим колесом механізму реверсу, отримуючи ліве прискорене обертання, і патрон вивертається зі шпильки.

Поширеним засобом механізації процесу складання різьбових з'єднань є ручні одношпindelьні різьбозакручувальні машини (гайковерти, гвинтоверти, шурупверти, шпилькокрути, муфтоверти та ін.). Ручні машини випускають з пневматичними ротаційними і електричними високочастотними двигунами, а також з однофазними колекторними двигунами нормальної частоти.

При складанні різьбових з'єднань за допомогою ударно-обертальних імпульсів в основному використовують ударні гайковерти, виконані у вигляді ручних машин. Відсутність реактивного моменту під час роботи ударних гайковертів дає змогу застосовувати їх для складання з'єднань великих розмірів. Ударні гайковерти мають високу продуктивність, їх використовують для моментів затягування понад 50 Нм.

Порівняно з гайковертами обертальної дії в ударних гайковертах використовуються приводні двигуни меншої потужності, що дає змогу створювати легкі та портативні машини. Водночас ударні гайковерти мають низьку довговічність і підвищені рівень вібрації та шуму.

Для з'єднань із пластичним деформуванням застосовують преси для запресовування, напресовування і клепки.

Вибір преса обумовлений розрахунковою силою запресовування з коефіцієнтом запасу 1,5÷2; розмірами виробів, що збираються, і економічністю. Великі значення коефіцієнта запасу застосовують для пресів невеликої потужності, менші – для потужних.

Преси за ступенем спеціалізації діляться на універсальні та спеціальні; за типом приводу – на ручні та приводні. Як силовий привод у ручних застосовують рейкові, ексцентрикові та гвинтові механізми, у приводних – пневматичні, пневмогідравлічні, гідравлічні, механічні та електромагнітні приводи.

Сила, що розвивається одностійковими універсальними рейковими пресами верстатного типу, досягає 30 кН, двостійковими гвинтовими пресами підлогового типу – до 50 кН.

При складанні виробів невеликих розмірів широке застосування отримали пневматичні преси прямої або важільної дії. У пневматичних пресів прямої дії силовий циліндр встановлюють на

верхній фланець станини і кріплять шпильками. За необхідності отримати більшу силу на штоку застосовують здвоєний циліндр. За такими схемами розроблено преси силою 30, 60, 100 кН.

За більшої сили запресовування застосовують гідравлічні преси.

У масовому і великосерійному виробництві застосовують преси спеціального призначення.

У складальних цехах поточно–масового і поточно–серійного виробництва для міжопераційного переміщення виробів широко застосовують конвеєри і транспортери різних типів.

Підвісні конвеєри бувають трьох видів: вантажонесучі, штовхаючі та вантажопровідні. Для розміщення підвісних конвеєрів не потрібна додаткова виробнича площа, а їхня велика протяжність зумовлює можливість використання цих конвеєрів не тільки як міжопераційного транспорту, а й для міжцехового, міжкорпусного транспортування вантажів.

Вантажопідйомність кареток становить 250, 500 і 800 кг, що дає змогу переміщати об'єкти, що збираються, масою до 2000 кг при підвісці на чотири каретки.

Підвісні штовхаючі конвеєри відрізняються від вантажонесучих тим, що вантажна каретка не з'єднана безпосередньо з тяговим ланцюгом і переміщається окремим (нижнім) шляхом. Вантажні візки приводяться в рух штовхачами, пов'язаними з тяговим ланцюгом.

Опорні ролики штовхачів і тягового ланцюга переміщаються верхньою колією. Завдяки цьому можливе автоматичне переведення вантажної каретки з однієї ділянки конвеєра на іншу і назад за допомогою стрілочних переводів, використання окремих ділянок конвеєра як накопичувачів (підвісних складів), а також здійснення передання візків з однієї висоти на іншу за допомогою опускних і підйомних секцій.

Стрілочними переводами керують за допомогою адресоносіїв, розташованих на вантажних візках, що впливають на кінцеві вимикачі під час підходу до стрілки, а також за допомогою ЕОМ із централізованим управлінням.

Підвісні вантажопровідні конвеєри застосовують для транспортування виробів, що збираються, на підлоговому візку, який приводиться в рух від підвісного конвеєра за допомогою захвата або штовхача. В останньому випадку забезпечується можливість автоматичного адресування.

Стрічкові конвеєри застосовують під час складання легких і дрібних виробів у масовому виробництві. Несучим органом є текстильна прогумована стрічка завширшки 200÷1000 мм, що ковзає по гладкому дерев'яному або металевому настилу. Неробоча частина стрічки спирається на ролики. Швидкість стрічкових конвеєрів 6÷30 м/хв.

Пластинчасті конвеєри застосовують при складанні виробів, що не потребують спеціального базування. Несуча частина їх між приводними ланцюгами покрита металевими пластинами. Довжина пластинчастих конвеєрів досягає 200 м за ширини настилу від 400 до 1 600 мм, їхня швидкість 1÷5 м/хв.

Пластинчасті конвеєри використовують для складання різних виробів: дрібних і порівняно важких. Пластинчасті конвеєри виконуються вертикально замкнутими; при цьому їхня робоча частина розташовується на рівні підлоги (під час загального складання автомобілів) або вище за неї (дрібні та середні вироби), а неробоча частина перебуває в траншеї нижче рівня підлоги.

Роликові конвеєри (рольганги) застосовують для міжопераційного транспортування в складальних і механічних цехах. Їх часто використовують також як склади-накопичувачі. Рольганги можуть бути непривідні та привідні. У конструкціях рольгангів можуть бути передбачені прямі та поворотні секції.

Для повороту виробів, а також для передачі виробів з однієї ділянки конвеєра на іншу застосовують поворотні столи. У місцях розгалуження технологічних потоків встановлюють стрілки, управління якими може бути автоматизовано.

Вантажовідвідні підлогові конвеєри можуть бути безперервно або періодично рухомими. Їх застосовують для складання великих виробів, що мають власну ходову частину або розташовуються на транспортних візках. Вироби або візки за допомогою захватів приєднуються до ланцюгового транспортера, розташованого в траншеї нижче рівня підлоги.

Вантажовідвідні конвеєри можуть бути прямолінійними або замкнутими. Замкнуті вантажопровідні конвеєри кращі для складання виробів на транспортних візках, оскільки при складанні на прямолінійному конвеєрі необхідно передбачати паралельний шлях для повернення візків.

16.3 Автоматизація складальних процесів та агрегатно–модульний метод компоновання обладнання

Зростання випуску машин, а отже запасних частин до них, вимагають підвищення продуктивності складального устаткування, що можна задовольнити шляхом створення спеціальних високопродуктивних машин і ліній складання одного або кількох споріднених типів виробів.

Однак постійне вдосконалення, модернізація та часте оновлення об'єктів виробництва зумовлюють необхідність застосування гнучкого і, певною мірою, універсального обладнання, що перешкоджає концентрації складальних переходів і, відповідно, досягненню високої продуктивності.

Для задоволення таких суперечливих вимог необхідно, щоб автоматизоване устаткування з оптимальною кінцевою завершеністю операцій забезпечувало можливість переналагодження, зокрема й автоматичного (за досить високої продуктивності), невеликі строки виготовлення, його невисоку вартість і прийнятні строки окупності.

Найбільшою мірою цим вимогам задовольняє принцип агрегування обладнання, тобто створення складальних машин і ліній зі стандартних (уніфікованих) вузлів.

Агрегатне обладнання, як і спеціальне, забезпечує високу продуктивність, має простішу конструкцію, ніж аналогічне спеціальне, дає змогу легко автоматизувати як основні, так і допоміжні операції. За необхідності переходу на складання нового виробу потрібні відносно невеликі витрати на переналагодження агрегатного обладнання.

Перевагою агрегування складальних машин і ліній є таке:

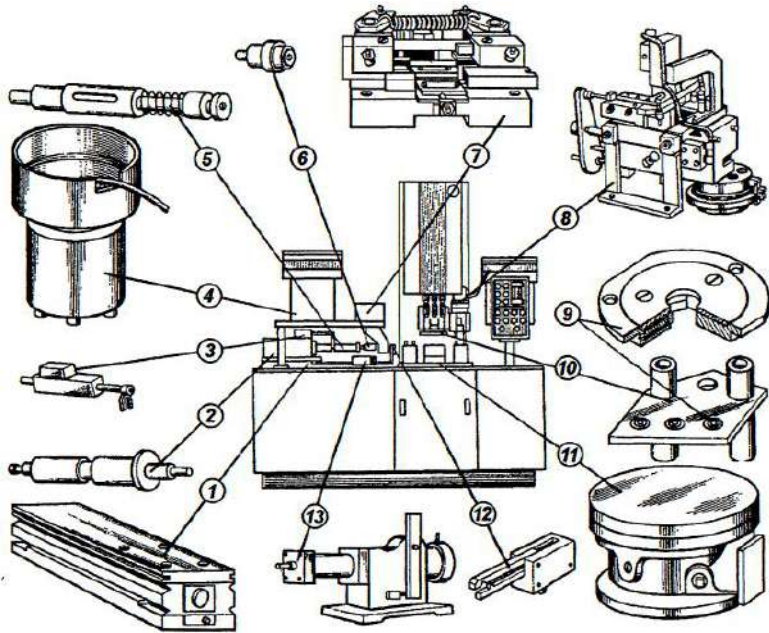
- з'являється можливість створення устаткування за оптимальним технологічним процесом, оскільки в цьому випадку спочатку розробляється найвигідніший процес складання, а потім компонується устаткування з готових вузлів. При цьому немає необхідності пристосовувати технологічний процес під можливості раніше спроектованого обладнання, як це має місце при використанні спеціальних або універсальних складальних машин;
- терміни проектування і терміни виготовлення обладнання

- скорочуються в 6–10 разів порівняно зі створенням спеціальних складальних машин;
- забезпечується багаторазове використання більшості вузлів складальних машин під час зміни об'єкта виробництва, що сприяє швидкій перебудові виробництва й удосконаленню конструкції виробів, що збираються;
 - з'являється можливість постійного вдосконалення конструкцій вузлів складального обладнання, поетапної автоматизації процесу шляхом вбудовування нових, досконаліших виконавчих механізмів і пристроїв автоматизації;
 - агрегування дає змогу виконувати різні операції складання, зварювання, обробки, контролю, регулювання та інші операції в одній складальній машині, створюючи тим самим можливості для комплексної автоматизації виробництва;
 - компоновання різних складальних машин і ліній з обмеженого набору вузлів і деталей підвищує серійність виготовлення цих вузлів, дає змогу застосовувати високопродуктивне устаткування під час їхнього виготовлення, що істотно знижує вартість складального обладнання;

Тому агрегатно–модульний принцип створення складальних машин і ліній стає одним з основних напрямків автоматизації складального виробництва.

Напівавтомат з уніфікованими вузлами і пристроями для закручування різьбових шпильок, призначений для складання кришки розподільних зубчастих коліс зі шпильками, показано на рис. 16.11.

Кришку встановлюють і знімають вручну, шпильки подають із вібробункерів, орієнтуються за довжиною і за допомогою пневмошпильковертів загортають у кришку. Напівавтомат може бути перекомпонований для іншого виробу. Застосування цього обладнання дало змогу в 1,5 рази підвищити продуктивність праці, забезпечити високу якість складання, надійність роботи складальних машин, поліпшити умови праці робітників–складальників. Складальні агрегатні машини можуть бути як однопозиційними, так і багатопозиційними з поворотними столами і призначені для порівняно нескладних за конструкцією виробів, для виконання невеликого числа складальних переходів.



1 – силовий стіл; 2 – пневмогайковерт; 3 – механізм вимкнення обертання шпинделів; 4 – вібробункер; 5 – шпиндель; 6 – патрон; 7 – механізм орієнтації шпильок за кроком різьблення; 8 – механізм орієнтації шпильок за довжиною різьбових кінців і кроком різьби; 9 – кулачковий захват; 10 – механізм подачі захватів; 11 – поворотний стіл; 12 – кліщовий захват; 13 – механізм для повороту захватів

Рисунок 16.11 – Складальний напівавтомат з уніфікованих елементів

Використання уніфікованих елементів дає змогу в короткі терміни створювати складально-конвеєрні лінії для виробів простих і середньої складності, за допомогою механізованого інструменту або вручну проводиться серійне і масове складання невеликих виробів. У разі потреби таку лінію дуже швидко можна перебудувати для складання інших виробів.

Для складання складніших виробів, що складаються з багатьох десятків деталей, проектують складальні лінії з різними видами транспортних пристроїв. Складальні лінії є сьогодні найбільш досконалим видом складального обладнання.

Спочатку складальні лінії будувалися за тими самими принципами, що й автоматичні лінії для механічного оброблення деталей, і, як правило, з тих самих конструктивних елементів: станин агрегатних верстатів, силових столів, силових головок, які замість різальних інструментів оснащувалися механізмами для виконання складальних операцій.

Як транспорт використовувалися механізми крокового переміщення. Такт ліній – однаковий (синхронний) для всіх позицій, а компонування – просте, лінійне. Поступово компонування складальних ліній стало ускладнюватися. Зі зростанням випуску виробів замість лінійних однопоточних ліній дедалі ширше стали застосовувати лінії, що складаються з однакових потоків, які працюють паралельно. Однак дублювати всі позиції, включно з тими, які забезпечують зростання випуску виробів, дорого. Тому потоки оброблюваних деталей і виробів, що збираються, почали розділяти відповідно до тривалості роботи позицій. З'явилися лінії з розгалуженими (паралельно–послідовними) потоками.

Необхідно підкреслити переваги модульного методу проектування складального обладнання. Лінія, яка показана на рис. 16.12 – це частина загальної складальної системи.

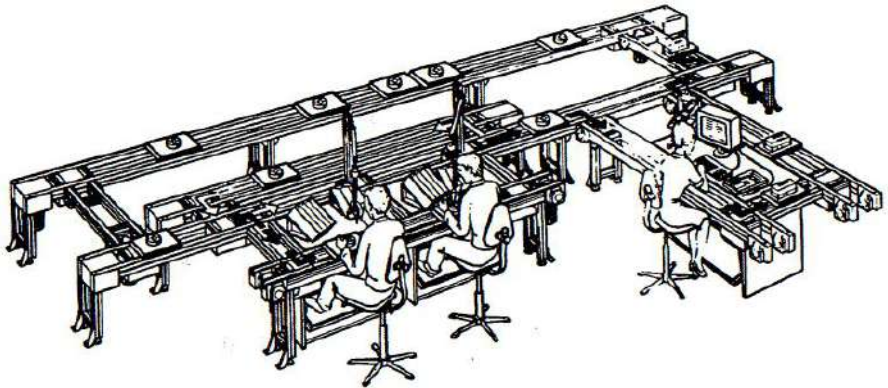


Рисунок 16.12 – Складальна лінія для мінімальної кількості операцій

Спочатку для простого виробу і невеликого випуску їх було створено невелику лінію. У міру розвитку виробничих завдань була можливість ускладнювати і «нарошувати» складну складальну

систему (рис. 16.13). Однак автоматизувати в складальній лінії всі операції не завжди можливо, а часто і недоцільно, з погляду надійності або економічності складання. Тому в автоматизовані складальні лінії, поряд з автоматичними позиціями, включають позиції, де низка операцій виконується робітниками вручну.

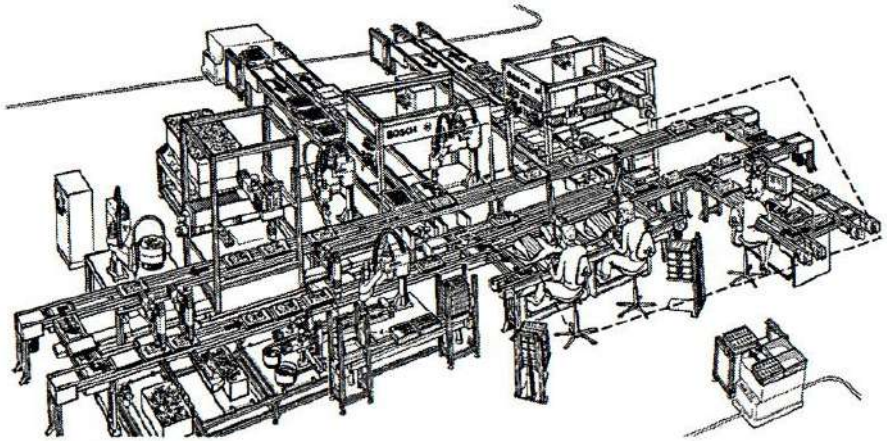


Рисунок 16.13 – Складальна лінія для максимальної кількості складальних операцій (вбудований у лінію первісний варіант компонування виділено пунктиром у правій частині рисунка)

Оскільки автоматичні операції зазвичай виконуються швидше, ніж ручні, то такт лінії визначають позиції з ручними операціями. При цьому такт залежить від готовності робітників до складання, тобто чергове переміщення виробів, що збираються, відбувається тільки після того, як кожен робітник закінчить весь набір переходів. У результаті лінія працює з тактом лімітуючої на даний момент позиції, що призводить до зниження її продуктивності.

Позбутися цього недоліку дали змогу складальні лінії з несинхронним тактом – **несинхронні складальні лінії** (НСЛ). Поява НСЛ стала мікрореволюцією в складальній автоматизації. Ці лінії створюються на основі тих самих структурних схем, що й **синхронні лінії** (СЛ). Гнучкі зв'язки між позиціями в НСЛ дають можливість в одному потоці успішно поєднувати складальні операції, які виконуються як автоматично, так і вручну. Як правило, такі лінії складаються з окремих (модульних) робочих позицій, з'єднаних між

собою замкнутим, безперервно рухомим транспортним пристроєм з «плаваючими» пристосуваннями—супутниками, на яких розміщуються зібрані вироби.

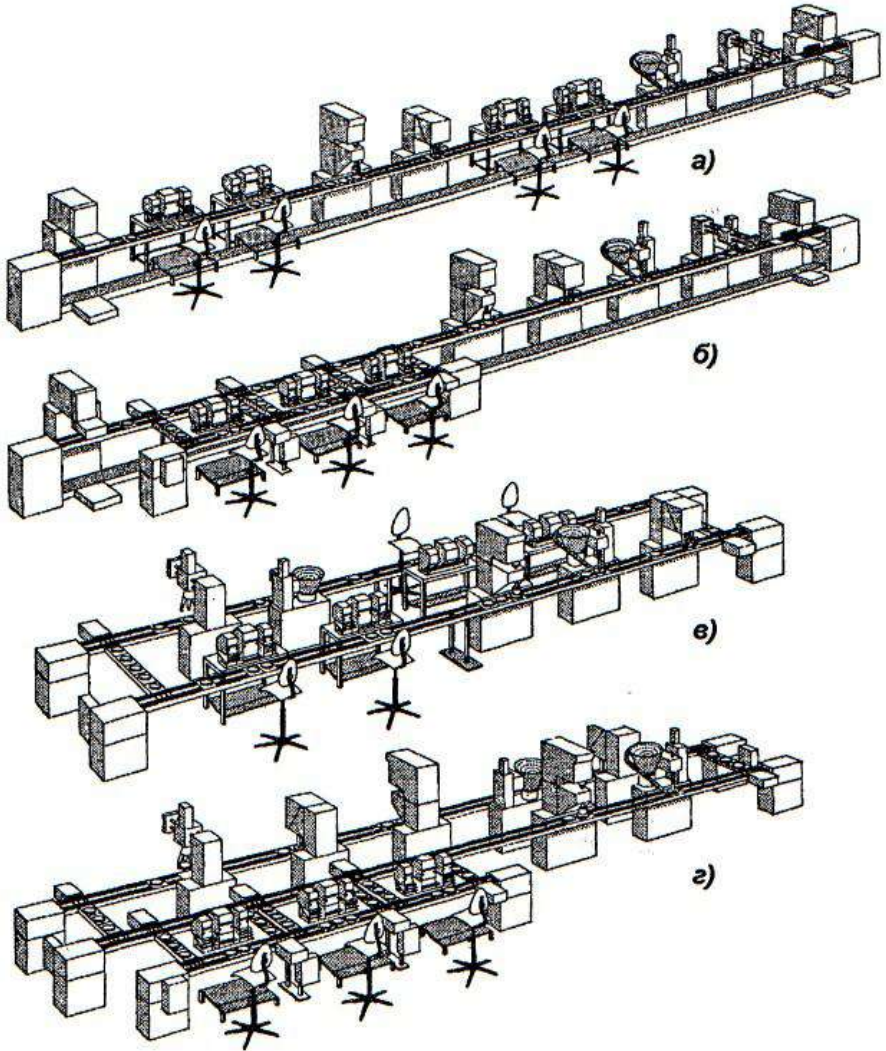
Відсутність жорсткого зв'язку між пристосуванням—супутником і транспортером, наявність вільного простору між робочими позиціями дають змогу створювати невеликі запаси виробів, що збираються, які забезпечують незалежну (несинхронну) роботу позицій. Як рушійний елемент використовують ланцюг або стрічку, іноді приводні та гравітаційні лотки (рис. 16.14).

Застосування НСЛ покращує умови праці, оскільки виключає безпосередню синхронізацію дій робітника з роботою механізмів, тим самим знижуючи його стомлюваність і нервову напругу, викликану побоюванням не виконати операцію за відведений час.

Однак основною перевагою НСЛ є продуктивність, яка на 10–30 % вища, ніж у синхронних ліній. Пояснюється це тим, що на НСЛ зібрані вироби між позиціями переміщуються відразу ж після закінчення виконання кожної операції, незалежно від ступеня готовності операцій на інших позиціях, а ритмічність роботи досягається шляхом використання міжпозиційних накопичувачів (невеликого числа супутників із зібраними виробами, що знаходяться між позиціями). Інакше кажучи, у разі зупинки або затримки в роботі будь-якої позиції інші продовжують працювати ще деякий час (до спустошення попереднього накопичувача або до заповнення наступного).

Продуктивність НСЛ може змінюватися в досить широких межах і залежить від величин і співвідношення параметрів, що визначають її компонувальні характеристики: кількості робочих позицій, їхньої надійності, розсіювання часу виконання окремих виконуваних вручну операцій, місткості міжопераційних накопичувачів тощо.

Таким чином, дуже важливо оцінити виробничі можливості НСЛ вже на стадії проектування, оскільки помилки у визначенні очікуваної продуктивності можуть спричинити додаткові витрати коштів і часу для внесення змін за результатами промислових випробувань або невиправдане завищення вартості лінії через ускладнення її структури, неповне завантаження обладнання, збільшення габаритних розмірів, виробничих площ і металоемності конструкції.



а – з конвеєром, замкненим у вертикальній площині; *б* – з вертикально замкненим конвеєром і винесеними позиціями ручного складання;
в – з горизонтально замкненим конвеєром; *г* – з горизонтально замкненим конвеєром і винесеними позиціями ручного складання

Рисунок 16.14 – Різні компонування несинхронних складальних ліній

Важливо також вибрати раціональну структуру і параметри лінії, що забезпечують задану програму випуску виробів необхідної якості з найменшими витратами. На надійність роботи НСЛ також впливає кількість пристосувань—супутників, що використовуються на лінії.

16.3.1 Розвиток транспортних систем ліній складання

Необхідність створення міжпозиційних запасів вимагала зміни транспортних пристроїв для переміщення виробів, що збираються.

На зміну механізмам крокового переміщення, що періодично вмикаються, прийшли механізми безперервного переміщення без жорсткого кінематичного зв'язку між транспортером і складальними виробами або супутниками, на яких вони збираються. Така конструкція дала змогу зупиняти вироби або супутники перед позиціями НСЛ без зупинки транспортного пристрою.

Найбільшого поширення в НСЛ набули транспортні пристрої з приводними рольгангами з фрикційними роликами; пристрої з поліамідними стрічками, які прослизують під супутниками під час їхньої зупинки; пристрої з ланцюгами з трирядними роликами, крайні з яких котяться напрямними, а середній повертається й котиться під час зупинки супутника нижньою напрямною.

НСЛ, незважаючи на суттєві переваги, мають низку недоліків:

- мікрозаділи виснажуються швидше, ніж вдається усунути відмову, і тоді лінія зупиняється;
- тривалість будь-якої операції, що не піддається диференціації, перевищує такт, розрахований з умов необхідної продуктивності;
- введення дублюючих позицій зазвичай конструктивно складно;
- тривалість ручної операції іноді значно менша за такт (недостатнє завантаження робітника—складальника).

16.3.2 Ускладнення структур і компоновок НСЛ

Для усунення недоліків НСЛ були використані більш ефективні компонування автоматизованих складальних ліній. Характерною особливістю такої лінії є її транспортна система, що складається з

основної гілки, якою в будь-якій послідовності рухаються супутники з виробами, які збирають, і паралельних їй додаткових гілок, на яких розташовані позиції для виконання технологічних операцій.

Транспортна система лінії горизонтально замкнута з приводними рольгангами і фрикційними роликами.

Супутники, що знаходяться на основній гілці транспортної системи, закодовані відповідно до коду наступної операції та забезпечують передачу виробів, що збираються, у заданій послідовності між технологічними позиціями, а також є носіями міжопераційних заділів.

Під час зупинок супутників на секціях транспортної системи ролики, завдяки радіальному зазору, не обертаються, а пробуксовують на приводних осях, що постійно обертаються. Тягове зусилля роликів визначається зусиллям натягу пружини, розташованої між ними.

Для передачі супутників з основної гілки транспортної системи на додаткову і назад передбачено секції передачі зі зсувними каретками.

Для зміни напрямку руху супутника транспортною системою передбачено секції, які забезпечують рух супутника завжди одним і тим самим боком уперед, що спрощує конструкцію робочих позицій і пристроїв системи кодування супутників. На зсувних і поворотних каретках, на секціях транспортної системи і на технологічних позиціях розташовані зупинки для супутників.

Кожен супутник має програмоносій, виконаний у вигляді блоку кулачків, що перемикаються. Також є зчитувальні пристрої на транспортній системі та пристрої для перекодування на технологічних позиціях.

При цьому супутник отримує код, що відповідає адресі наступної технологічної позиції, куди він має бути спрямований. Після виконання технологічної операції супутник розфіксується і за допомогою секції передачі супутників, розташованої за технологічною позицією, видається на основну гілку транспортної системи.

Технологічні позиції в лінії можуть розташовуватися в будь-якій послідовності. Тривалість виконання операцій на тій чи іншій позиції може бути будь-якою, і якщо вона більша за такт роботи лінії, то вводяться дублювальні позиції, розташування яких у лінії також не регламентується послідовністю виконання технологічних операцій.

При цьому супутник може заходити на одну й ту саму позицію кілька разів. Усе це забезпечує високу гнучкість технологічного процесу складання. Конструкція транспортної системи і значний обсяг пам'яті програмоносія супутника дають змогу збирати одночасно кілька різних виробів, з'єднувати лінії з іншими подібними лініями, передавати супутники з однієї лінії на іншу, створюючи тим самим гнучкі автоматизовані виробництва.

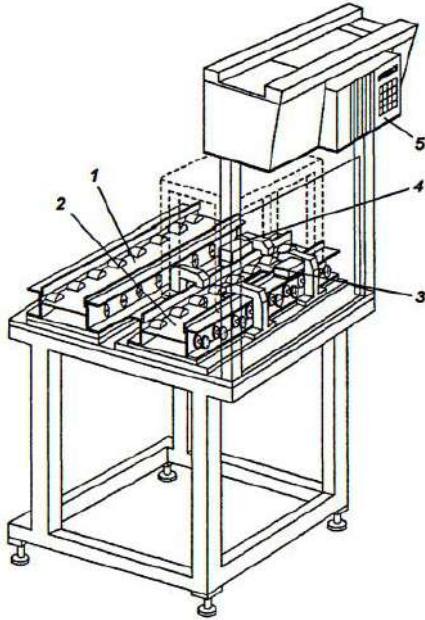
16.3.3 Модульний принцип

Модульний принцип – основа створення складальних ліній. Подальший розвиток описаної несинхронної модульної транспортної системи призвів до об'єднання модулів у функціональні блоки. При цьому визначилися два основні блоки–модулі: технологічна станція і станція передачі супутників між основною і додатковою гілками транспортної системи. Ці модулі повністю автономні, кожен має свою станину і свою систему управління, що вмикається супутником, який надходить на станцію з відповідним кодом.

Модуль «технологічна станція» (рис. 16.15) має розташовану на загальній звареній із труб прямокутного перерізу станині секцію основної гілки транспортної системи для переміщення нею транзитних супутників і секцію додаткової гілки транспортної системи, на якій розташовано механізм для підйому, фіксації та перекодування супутників і механізми для зупинки супутника перед технологічною позицією і на ній. На цій же секції є базові елементи – гнізда, для встановлення різних технологічних, орієнтувальних, силових або контрольно–випробувальних пристроїв. Тут же, як правило, встановлюється система управління, що включає програмований контролер і блок керуючих пневморозподільників.

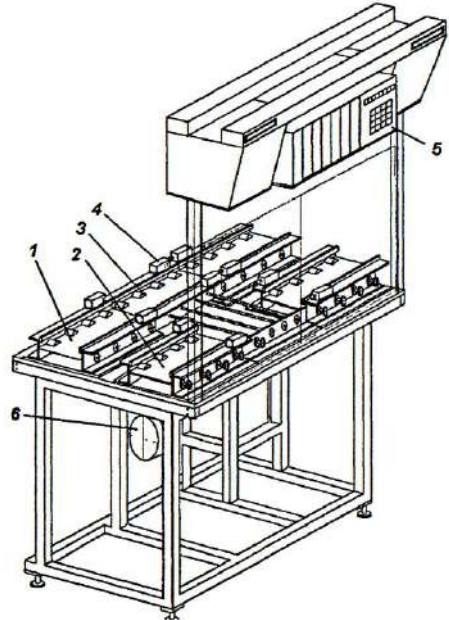
Модуль «станція передавання супутників (рис. 16.16) між основною і додатковою гілками транспортної системи» має розташовану посередині зсувну каретку з роликками, яку переміщують між основною і додатковою транспортними гілками. На каретці розташовані спарені зупинки з Г–подібними важелями, що розкриваються в крайніх положеннях каретки.

На ній розташовується система керування і силова установка для приводу ділянки транспортної системи, що складається зазвичай з декількох технологічних і передавальних станцій.



1 – секція основної гілки транспортної системи; 2 – секція додаткової гілки транспортної системи; 3 – механізм для підйому, фіксації та перекодування супутників; 4 – механізми для зупинки супутника; 5 – система керування

Рисунок 16.15 – Модуль «Технологічна станція»



1 – секція основної гілки транспортної системи; 2 – секція додаткової гілки транспортної системи; 3 – зсувна каретка; 4 – спарені зупинки; 5 – система керування; 6 – силова установка

Рисунок 16.16 – Модуль «передавання супутників між основною та додатковою гілками транспортної системи»

Праворуч і ліворуч від каретки розташовані роликові секції основної та додаткової транспортних гілок. На секціях зліва є пристрої для зчитування коду супутника і для зупинки супутника на тій чи іншій гілці перед кареткою.

Секція додаткової гілки дає змогу створити мікрозділ супутників перед технологічною позицією, розташованою після станції передавання супутників, має кінцевий вимикач, що контролює наявність на ній супутника. Щойно супутник переміститься на

технологічну станцію, кінцевий вимикач вмикає зчитувальний пристрій на секції основної гілки транспортної системи. При цьому відбувається пошук супутника з потрібним кодом у потоці супутників, що рухаються по ній у будь-якій послідовності.

Таким чином, станція здійснює функції транзитного переміщення супутника основною гілкою транспортної системи, пропуск супутника додатковою гілкою від однієї технологічної станції до іншої, розташованої поруч, передавання супутника з основної гілки транспортної системи на додаткову, а також із додаткової гілки транспортної системи на основну.

Як додаткові блок-модулі до транспортної системи може входити станція для зміни напрямку руху супутників із поворотною кареткою і проміжна станція, що встановлюється між розташованими поруч технологічними станціями. Проміжна станція слугує для зручності роботи на технологічних станціях, для зручності їхнього обслуговування або для встановлення елементів приводу транспортної системи чи системи керування, розташованої поруч із технологічною станцією.

Особливо ефективно використання таких ліній під час запуску нових виробів, оскільки є можливість поетапної автоматизації операцій. Спочатку, за невеликого обсягу випуску виробів, складання може виконуватися на ручних позиціях. У міру збільшення обсягу випуску, в міру необхідності можуть включатися автоматичні позиції. При цьому достатньо лише змінити адресу, і супутник із виробом, що збирається, буде спрямований вже не на позицію ручного складання, а на автоматичну.

Дане складальне обладнання призначене для одного виробу або декількох однотипних, але компонування його позицій з уніфікованих елементів дає змогу швидко перебудовувати лінії на вироби іншої номенклатури.

Сфера застосування цього обладнання – масове і великосерійне виробництво.

16.3.4 Гнучкі складальні центри

Гнучкі складальні центри для серійного і дрібносерійного виробництва. Для складання виробів серійного і дрібносерійного виробництва створюються гнучкі лінії, а також окремі складальні

центри. Як основні технологічні агрегати використовуються складальні роботи. Варіанти складальних центрів для виробів масою до 1 кг, габаритними розмірами до 120x100x100 мм, що вбудовуються в гнучкі складальні лінії (можуть працювати й автономно), на базі роботів фірми «Nokia» (Фінляндія), показані на рис. 16.17.

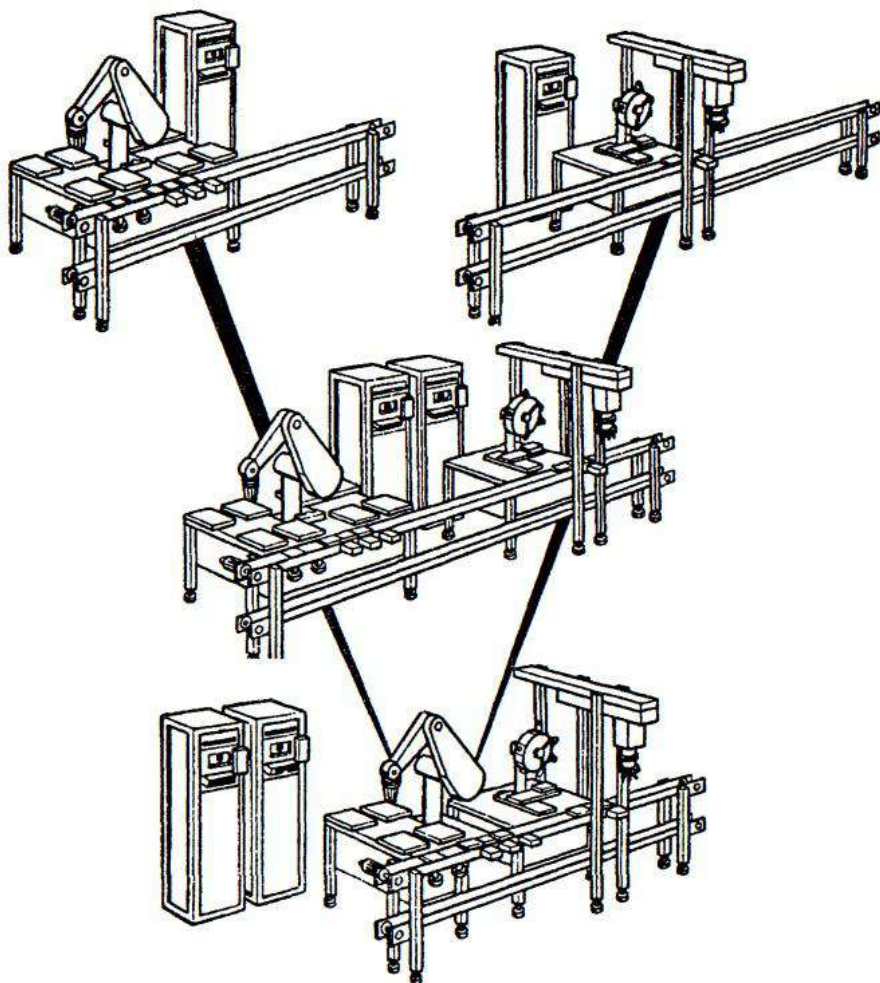
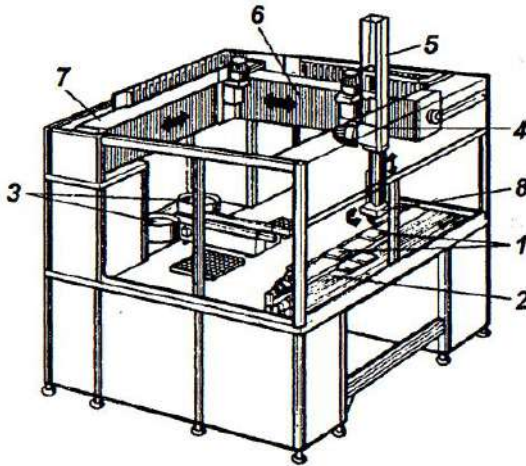


Рисунок 16.17 – Компонування складальних центрів на базі роботів фірми «Nokia», що вбудовуються в гнучкі складальні системи

Вони виконують такі функції: приймання, розпізнавання і фіксацію супутників, що переміщуються конвеєром, установлення в супутники попередньо орієнтованих базових деталей виробу, установлення та закріплення деталей, нанесення мастильного матеріалу, склеювання, контроль діючих сил і моментів під час закріплення деталей, запам'ятовування результатів, розфіксацію та знімання супутників, контроль якості збирання і сортування виробів.

Робот має підлогове і підвісне виконання, шість ступенів рухливості, сервопривід постійного струму, точність позиціонування $\pm 0,1$ мм, вантажопідйомність 2,5 кг, масу 54 кг.

Складальний центр іншого компонування, розроблений фірмою «Bosch» (ФРН), показаний на рис. 16.18.



- 1 – супутники; 2 – конвеєр; 3 – вібробункер; 4 – робот;
 5–7 – механізми лінійних переміщень
 за трьома координатами; 8 – блок ротації

Рисунок 16.18 – Складальний центр фірми «Bosch» на базі роботів, що переміщуються за трьома осями координат

Супутники 1 з базовою деталлю подаються конвеєром 2. Установку деталей, що сполучаються, які подаються вібробункерами 3, здійснює робот 4, що має механізми 5, 6, 7 прямолінійного переміщення за трьома координатами та ротаційний блок 8 для повороту руки робота на 360°. Центр може оснащуватися системами

технічного зору і технічними датчиками для розпізнавання розташування деталі, контролю за їхнім надходженням на складання, а також контролю розмірів деталей, що сполучаються. Завдяки широким можливостям робота і системи управління складальний центр легко перепрограмувати на складання різних виробів.

Для послідовного гнучкого складання складних виробів створено складальний осередок із двох об'єднаних центрів.

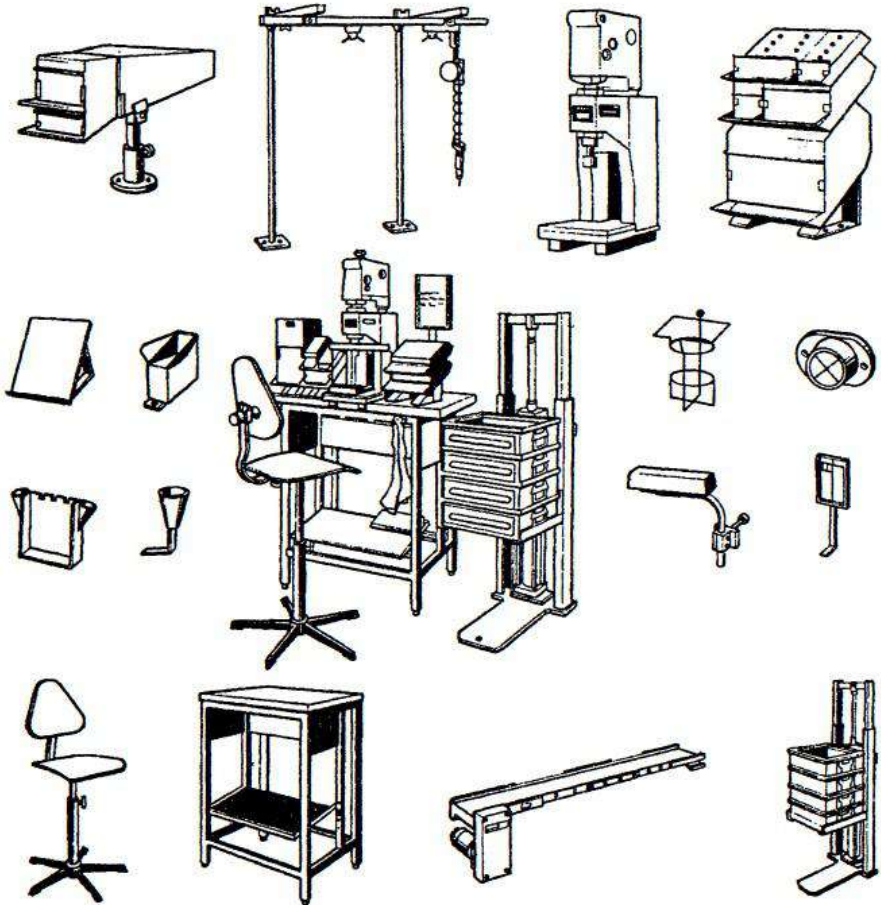


Рисунок 16.19 – Механізоване робоче місце складальника та елементи, з яких воно компонується

З уніфікованих елементів можуть агрегатуватися не тільки лінії, а й механізовані місця складальників, як це показано на рис. 16.19. В умовах дрібносерійного виробництва таке рішення, що враховує досягнення ергономіки, потребує мінімальних капіталовкладень і істотно полегшує працю складальників, у низці випадків є найбільш економічним. Систематизувати складальне обладнання за низкою загальних ознак можна на основі класифікації, запропонованої фірмою «Bosch» (рис. 16.20).

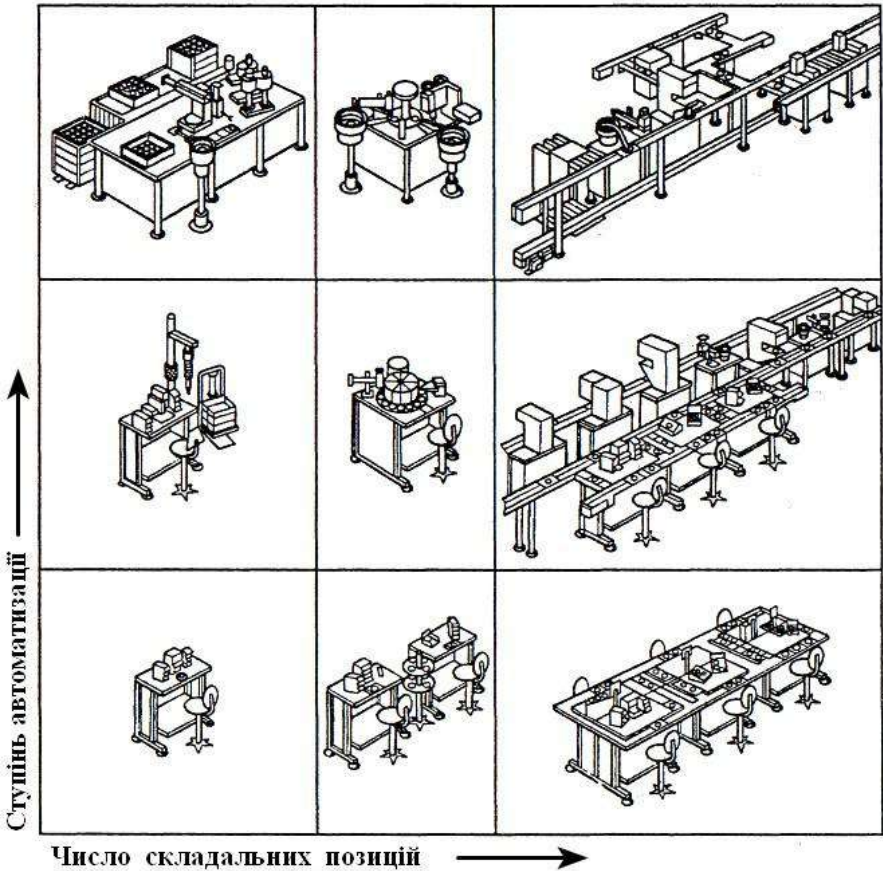
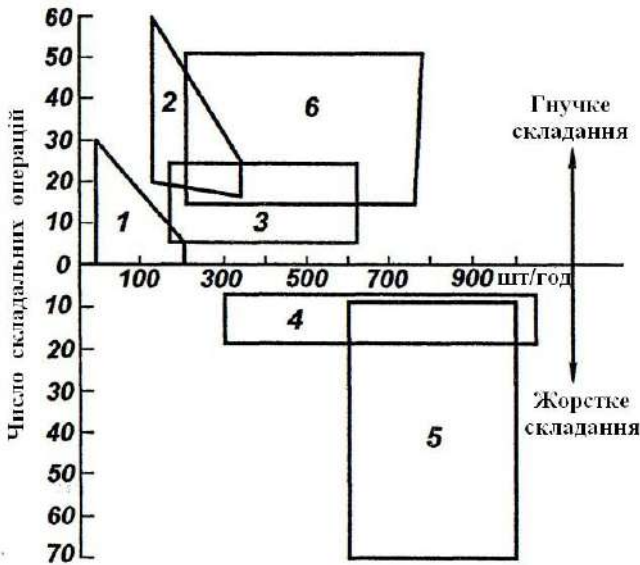


Рисунок 16.20 – Класифікація складального обладнання залежно від рівня автоматизації операцій і числа складальних позицій, запропонована фірмою «Bosch»

За допомогою класифікації можна проаналізувати якісні зміни таких параметрів складального процесу, як витрати на устаткування (капітальні та пов'язані з обслуговуванням), серійність випуску і ступінь складності виробу, гнучкість виробництва, питомі витрати на зарплату тощо.

Такий підхід у першому наближенні дає змогу технологу здійснити укрупнений вибір під час розв'язання конкретних завдань автоматизації складання, але при цьому необхідні подальші розрахунки й обґрунтування.

За діаграмою рис. 16.21 сферу раціонального використання деяких видів складального обладнання можна уточнити з урахуванням необхідного ступеня гнучкості виробництва і програми випуску.



- 1 – ручна складальна станція; 2 – ручні складальні лінії з автоматичним транспортуванням; 3 – гнучкі складальні лінії; 4 – спеціальні складальні автомати; 5 – спеціальні складальні автоматичні лінії; 6 – гнучкі складальні лінії

Рисунок 16.21 – Области застосування складальних машин і ліній різних типів

16.4 Основи проектування автоматизованих процесів складання

16.4.1 Вибір раціонального маршруту складання

Проектування ефективних складальних процесів з високим рівнем автоматизації операцій є складним багатоваріантним завданням. Процес розв'язання цього завдання містить у собі низку взаємопов'язаних етапів – від відпрацювання конструкції виробу на технологічність до синтезу компонування складальних машин і ліній з подальшим комп'ютерним моделюванням кількох близьких до оптимального варіантів компонування ліній для детального аналізу їхньої роботи в умовах, близьких до виробничих.

З цією метою низка фірм і організацій розробляють алгоритми і програми, що поєднують математичні методи з досвідом технологів–проектантів. Одним з етапів є вибір раціонального маршруту складання виробу, який слугує основою подальшого процесу проектування.

Математичні методи здійснення цього етапу наразі розроблені найменшою мірою, і найчастіше завдання розв'язується лише на основі досвіду технолога.

Складність завдання пов'язана насамперед із тим, що процес складання є багатоваріантним – під час складання одного й того самого виробу припустимі різні маршрути складання з використанням усіляких пристосовань, пристроїв та інструменту.

Суперечливість вимог і наявність цілої низки невизначеностей, з якими неминуче стикається технолог, призводить до того, що неформальний аналіз і пошук компромісних рішень посідають значне місце в процесі проектування.

Використання комп'ютерів під час проектування технологічних процесів складання дає змогу подолати деякі труднощі, але звертатися по допомогу до них технолог може тільки після того, як технологічні завдання формалізовано, створено математичні моделі. Крім того, для проектування оптимальних варіантів технологічних процесів необхідне розроблення ефективних методик і алгоритмів пошуку таких варіантів.

Через труднощі повної формалізації процесу проектування технологій складання та відсутність розроблених математичних

моделей процес проектування будують, використовуючи режим діалогу «Проектант – комп'ютер» на основі систем комп'ютерної підтримки рішень, які приймаються на ранніх стадіях проектування.

16.4.2 Вибір раціонального маршруту складання виробу

Проектування технологічних процесів механоскладального виробництва, що забезпечують високу економічну ефективність, є складною багатоваріантною задачею, успішне розв'язання якої можливе тільки на основі поєднання суворих математичних методів із досвідом і знаннями технологів–проектантів.

Проектування технологічних процесів – це багаторівневе завдання, що включає кілька етапів і має на меті створення ієрархічно складної виробничої системи з оптимальними техніко–економічними параметрами.

Стосовно створення складальних машин і ліній схема розв'язання такої задачі охоплює низку взаємопов'язаних етапів – від відпрацювання конструкції виробу на технологічність до синтезу компонування складальних систем і стохастичного моделювання кількох близьких до оптимального варіантів компонування ліній для детального аналізу їхньої роботи в умовах, близьких до виробничих.

Існують наукові роботи у яких розглядається завдання генерування маршрутів складання виробів. Загальноприйнято описувати складальне креслення виробу мовою теорії графів, записуючи при цьому умови базування та умови вільного доступу деталей виробу до місця їхнього встановлення за допомогою символіки математичної логіки. Це вимагає від технолога певної навички і, щонайменше, знання основ дискретної математики.

Методики, що використовуються в зазначених роботах, розрізняються в основному повнотою враховуваних умов, що визначають допустимі варіанти маршрутів складання, а також тим, як ці умови оформляються.

Також існує формальний метод синтезу схем складання виробів із застосуванням ЕОМ, який просто й ефективно реалізується на практиці. Його оригінальні методика й алгоритми, відрізняються від уже відомих підходів тим, що вони дають змогу врахувати й компактно, з єдиних позицій, мовою теорії графів записати практично всі обмеження та заборони, з якими стикається технолог під час

проектування процесу складання, не вимагаючи від нього при цьому знання спеціальних розділів математики. Такий підхід багато в чому спрощує складання програм для ЕОМ. Ця методика може бути використана і під час генерування допустимих маршрутів під час групового складання декількох виробів.

Суть цієї методики полягає в наступному. Спочатку конструкція виробу розчленовується на складові частини (елементи виробу), на кожну з яких під час генерування маршрутів складання можна дивитися як на одне ціле. Це дає змогу розв'язувати задачу найбільш економним способом. Елементи виробу, що сполучаються, які визначаються за складальним кресленням, представляють граф сполучень.

Потім, після вибору базового елемента виробу, за певним алгоритмом будують граф базування, який вказує для кожного елемента виробу ті елементи, що сполучаються з ним, установлення яких повинно безпосередньо передувати встановленню цього елемента. Далі, в режимі діалогу «технолог–ЕОМ» формується граф обмежень, що враховує умови, виконання яких гарантує можливість якісного складання виробу в цілому.

Він призначений заблокувати установку елементів виробу, допустиму за умовами базування, в тих випадках, коли це може ускладнити виконання подальшого складання або якщо при цьому може бути порушена якість уже виконаних з'єднань.

Завершується перший етап задачі об'єднанням графа базування і графа обмежень, у результаті чого приходимо до графа допустимих переходів. Цей граф містить у собі всі умови й обмеження, які технолог вважає за потрібне брати до уваги під час генерування маршрутів складання.

На другому етапі розробляється алгоритм, що дає змогу перетворити граф допустимих переходів на дерево складання виробу. Вершини дерева складання відповідають можливим станам процесу складання, а його висячі вершини визначають шукані допустимі маршрути складання виробу.

На заключному етапі розв'язання задачі з усіх припустимих маршрутів здійснюють добір тільки тих, які найбільше відповідають вимогам, що пред'являються як до готового виробу, так і до процесу складання цього виробу. У результаті виходить безліч раціональних маршрутів складання виробу.

16.4.3 Вибір рівня автоматизації процесу складання та структурно-компонувальних схем обладнання

Будь-яку автоматизовану систему машин, зокрема і складальну, можна побудувати за багатьма варіантами, що розрізняються за методами і послідовністю виконання операцій, ступенем диференціації та концентрації операцій технологічного процесу, типами і конструкцією застосовуваних механізмів, видами міжагрегатного зв'язку, структурно-компонувальними схемами.

Побудова агрегатних складальних машин за різними схемами, об'єднання різної кількості елементарних операцій у кожній з них, зміна рівня автоматизації призводять до зміни трудомісткості збирання виробу, надійності та вартості складальних автоматів, займаної ними виробничої площі, кількості робітників-збиральників, собівартості збирання та інших характеристик процесу. Зрештою ступінь концентрації операцій, обрані схеми складального обладнання та рівень автоматизації мають вирішальний вплив на економічну ефективність складальних процесів.

Питання для самоперевірки

1. Які дві тенденції розвитку виробництва проглядаються у сучасному автомобілебудуванні?
2. Що заважає комплексній автоматизації машинобудівного виробництва?
3. Що стало причиною переносу виробництв західних промислово розвинених країн в Китай та країни Південно-Східної Азії?
4. Що є причиною підвищення цін на товари та повернення виробництв у країни розробники технологій останнім часом?
5. Які основні напрямки підвищення продуктивності складання?
6. На основі чого проектується технологічний процес складання виробу?
7. Як пов'язані між собою темп складання і тип виробництва?
8. Що таке CALS-технології?
9. Для чого призначена PDM-система?
10. Опишіть процес моделювання технологічних процесів на виробництві?
11. Які параметри уточнюють під час детального проектування

складальних операцій?

12. Як може здійснюватися переміщення об'єкта, що збирається, від одного робочого місця до іншого при потоковому складанні?
13. Як здійснюється технічний контроль при складанні виробу?
14. Як здійснюється механізація складальних операцій?
15. Які типи ручних машин використовують при слюсарно-пригоночних роботах?
16. Які є типи підвісних конвеєрів у складальних цехах?
17. Коли застосовують стрічкові конвеєри?
18. В чому суть агрегування обладнання?
19. В чому суть модульного принципу створення складальних ліній?
20. Як здійснюється вибір раціонального маршруту складання?

ЛІТЕРАТУРА

1. Бучинський М. Я., Горик О. В., Чернявський А. М. Онови творення машин. Харків : Вид-во «НТМТ», 2017. 448 с.
2. Короп І. В., Петренко В. П. Інтелектуальна власність : навч. посіб. / за заг. ред. В. П. Петренка. Івано-Франківськ: Факел, 2008. 208 с.
3. Корець М. Машинознавство. Київ : Знання України, 2001. 448 с.
4. Флора В. Д. Принципи технічної творчості : навч. посіб. Запоріжжя : ЗНТУ, 2005. 398 с.
5. Карпаш О. М., Шейнбаум В. С., Карпаш М. О. Інженерна діяльність в умовах сталого розвитку : навч. посіб. Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2014. 285 с.
6. Рудь Ю. С. Основи конструювання машин : підручник. 2-е вид., переробл. Кривий Ріг : Видавець ФОП Чернявський Д.О., 2015. 492 с.
7. ДСТУ 3321-2003. Система конструкторської документації. Терміни та визначення основних понять. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2005. 55 с.
8. ДСТУ ГОСТ 2.601:2006 Єдина система конструкторської документації. Експлуатаційні документи. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2007. 39 с.
9. Попович В. В. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство : підручник Львів : Світ, 2006. 624 с.
10. Технологія конструкційних матеріалів: підручник. 2-ге вид., перероб. і допов. / за ред. М. А.Сологуба. Київ : Вища шк., 2002. 374 с.
11. Сторож Б. Д., Карпик Р. Т. Технологічні основи машинобудування : навч. посіб. Івано-Франківськ : Факел, 2002. 182 с.
12. Горбатюк Є. О. Технологія машинобудування : навч. посіб. Львів : «Новий світ - 2000». 2009. 358 с.
13. Аверченков В. І. Збірник задач і вправ з технології машинобудування : навч. посіб. Житомир : ЖІТІ, 2001. 314 с.
14. Теоретичні основи технології виробництва деталей та складання машин : лабораторний практикум / О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, О. М. Мироненко та ін. Вінниця : ВНТУ, 2006. 119 с.
15. Дерібо О. В. Основи технології машинобудування. Частина 1 : навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2013. 125 с.
16. Дерібо О. В. Основи технології машинобудування. Частина 2 :

- навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2015. 116 с.
17. Дерібо О. В. Технологія машинобудування. Курсове проектування : навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2013. 123 с.
 18. Руденко П. О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні. Київ : Вища школа, 1993. 414 с.
 19. Вибір, проектування і виробництво заготовок деталей машин / Руденко П. О., Харламов Ю. О., Шустик О. Г. Київ : ІСДО, 1993. 304 с.
 20. Теоретичні основи технології виробництва деталей та складання машин / О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, О. М. Мироненко та ін. Вінниця : ВНТУ, 2006. 119 с.
 21. Бондаренко С. Г. Основи технології машинобудування : навч. посіб. Львів : Магнолія, 2018. 500 с.
 22. Дерібо О. В. Основи технології машинобудування. Частина 1 : практикум. Вінниця : ВНТУ, 2017. 106 с.
 23. Дерібо О. В. Основи технології машинобудування. Частина 2 : практикум. Вінниця : ВНТУ, 2015. 116 с.
 24. Нормування часу та режимів різання для токарних верстатів з ЧПУ. / В. А. Кирилович, П. П. Мельничук, В. А. Яновський ; під заг. ред. В. А. Кириловича. Житомир : ЖІТІ, 2001. 600 с.
 25. Розмірно-точнісний аналіз конструкцій та технологій / В. Д. Рудь, О. О. Герасимчук, Т. П. Маркова. Луцьк : РВВ ЛДТУ, 2008. 344 с.
 26. Основи технології машинобудування. Самостійна та індивідуальна робота студентів : навч. посіб. / О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, С. В. Репінський, С. І. Сухоруков. Вінниця : ВНТУ, 2021. 90 с.
 27. Копей В., Одосій З., Онисько О. Технологія машинобудування : навчальний посібник. Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2021. 217 с.
 28. Сторож Б. Д., Мазур М. П., Карпик Р. Т., Каразей В. Д. Технологічні основи машинобудування : навч. посібник. Хмельницький : ТУП, 2003. 153 с.
 29. The CNC Handbook : Digital Manufacturing and Automation from CNC to Industry 4.0 / Hans Bernhard Kief, Helmut A. Roschiwal, Karsten Schwarz. Industrial Press, Inc., 2021. 2156 p.
 30. Rakesh Kumar Phanden, Ravinder Kumar, Pulak Mohan Pandey, Ayon Chakraborty. Advances in Industrial and Production Engineering : Lecture Notes in Mechanical Engineering (ISBN 978-981-99-1328-2). Singapore : Springer Nature Singapore Pte Ltd. 2023. 418 p.

Навчальне видання

АРТЮХ Олександр Миколайович

**ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ
АВТОМОБІЛЕБУДУВАННЯ**

ЧАСТИНА 3

Навчальний посібник

Комп'ютерний набір: Артюх О. М.

Комп'ютерна верстка: Артюх О. М.

Підписано до друку 14.03.2024. Формат 60×84/16.
Ум. друк. арк. 23,71. Тираж 100 прим. Зам. № 248.

Національний університет «Запорізька політехніка»
Україна, 69063, м. Запоріжжя, вул. Жуковського, 64
Тел.: (061) 769–82–96, 220–12–14

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 6952 від 22.10.2019.