

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

ТЕКСТИ (конспект) лекцій з дисципліни

Автоматизація виробничих процесів.
для студентів спеціальності
131 «Прикладна механіка»
усіх форм навчання

2024

Тексти (конспект) лекцій з дисципліни «Автоматизація виробничих процесів» для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» усіх форм навчання / Укл.: Дядя С.І., Тумарченко Л.О. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2024. – 179 с.

Укладачі: Дядя С.І., доцент, канд. техн. наук
Тумарченко Л.О., асистент каф. ТМБ

Рецензент: Гончар Н.В., доцент, канд. техн. наук

Відповідальний
за випуск: Козлова О.Б., доцент, канд. техн. наук

Затверджено
на засіданні кафедри ТМБ
протокол № 1
від 06.08.2024 р.

Рекомендовано до видання НМК
Машинобудівного факультету
протокол № 1
від 27.08.2024 р.

ЗМІСТ

Тема 1 Основні визначення та задачі автоматизованого виробництва.....	4
Тема 2 Комп'ютерне інтегроване виробництво.....	10
Тема 3 Програмне забезпечення етапів життєвого циклу продукції.....	18
Тема 4 Автоматизація технологічної підготовки виробництва.....	41
Тема 5 Устаткування автоматизованого виробництва.....	57
Тема 6 Агрегатні верстати і автоматичні лінії.....	68
Тема 7 Верстати з ЧПУ і гнучкі виробничі системи.....	82
Тема 8 Ріжучий і допоміжний інструмент, пристосування автоматизованого виробництва.....	98
Тема 9 Транспортні пристрої автоматизованого виробництва.....	110
Тема 10 Завантажувально - орієнтувальні пристрої.....	121
Тема 11 Промислові роботи. Класифікація.....	137
Тема 12 Маніпуляційні системи і робочі органи.....	143
Тема 13 Класифікація засобів автоматичного контролю. Первинні вимірювальні перетворювач.....	160
Тема 14 Пристрої автоматичного контролю.....	171

Тема 1

Основні визначення та задачі автоматизованого виробництва

Механізація і автоматизація виробничих процесів є одними з головних напрямків технічного прогресу, спрямованого на підвищення продуктивності праці, поліпшення якості продукції, що виготовляється, полегшення праці людини, залишаючи йому функції обслуговування та контролю [1].

Механізація виробництва - це заміна ручної праці механізмами, машинами та іншою технікою. Вона може бути частковою, коли механізуються окремі виробничі операції, і комплексної, коли всі роботи, що входять в даний виробничий цикл, механізуються машинами і механізмами.

Вищим ступенем механізації є **автоматизація** виробничих процесів, яка дозволяє здійснювати весь цикл робіт без безпосередньої участі в ньому людини, лише під його контролем. Слід зазначити, що термін «автоматизація» передбачає участь людини при виконанні роботи за допомогою машин, а термін «автоматика» використовується, коли робота машин виконується без участі людини.

Розрізняють три види автоматизації:

Часткова (початкова) - забезпечує автоматизацію робочого циклу машин або використання автомата в автономному режимі. Реалізується на верстатах з ручним керуванням, забезпечуючи автоматичну обробку деталі, і верстатах - автоматах з автоматичним циклом допоміжних і робочих рухів.

Комплексна - це рівень автоматизації виробництва, при якому весь комплекс операцій виробничого процесу, включаючи транспортування і контроль продукції, здійснюється системою автоматичних машин і технологічних агрегатів по заздалегідь заданим програмам і режимам за допомогою різних автоматичних пристроїв, об'єднаних загальною системою управління. Це може бути єдиний взаємозалежний комплекс у вигляді ділянки, цеху, заводу і т.п.

Повна - це найвищий ступінь автоматизації, який передбачає передачу функцій управління і контролю комплексно-автоматизованим виробництвом автоматичним системам управління. Широко використовуються комп'ютерно інтегровані автоматизовані

системи (СІМ-Computer Integrated Manufacturing), (ТІА- Totally Integrated Automation), що дозволяють уніфікувати отримання, передачу, використання інформації про виробництво на всіх рівнях з метою підвищення його ефективності.

Автоматизації процесів передували роботи вчених і практиків, які створили різні автомати як для виконання певних дій, так і для розважальних цілей. На початку I ст. н.е. Герон Олександрійський в роботах «Пневматика» та «Механіка» привів опис автоматів, створених ним і його вчителем Ктесибієм: пневматичного автомата для відкривання дверей храму і запалювання жертовного вогню; водяного органу; приладу для автоматичного вимірювання довжини дороги, що нагадує таксометр; автомата для продажу «священної» води - прообразу автоматів для продажу рідин; механічного театру ляльок. Ідеї Герона не знайшли широкого застосування в його епоху. В середині I ст. створюються автомати, що наслідують певні дії людини. У XIII ст. німецький філософ-схоласт і алхімік Альберт фон Больштадт побудував «залізну людину» - механізм для відкривання і закривання дверей. У XVIII ст. швейцарські годинникарі П'єр Дро і його син Анрі створили механічного писаря, який виводив гусячим пером фрази на папері; механічного художника, який малював головки і фігурки людей; механічну піаністку, яка виконувала на фісгармонії музичну п'єсу. Дро були ув'язнені інквізиторами за звинуваченням у чаклунстві. В кінці XVIII - початку XIX ст. в Європі в епоху першої промислової революції автоматизацію починають впроваджувати у виробництво. У 1765 р з'являється автоматичний регулятор рівня води в котлі парової машини І. І. Ползунова, в 1784 р - регулятор швидкості парової машини Д. Уатта, в 1804- 1808 рр. - система програмного керування ткацьким верстатом від перфострічки Жаккарда. Друга промислова революція (друга половина XIX і початок XX століття) ознаменувалася технологічним ривком в металургії, металообробці, легкій (автоматичний ткацький верстат), поліграфічній (механічний складальний стан) промисловості. Виникли нові індустрії - електроенергетика, хімічна, нафтова і нафтохімічна промисловість, автомобілебудування (в 1900 р в США завод Форд випускав більше 4 тис. автомобілів в рік), виробництво сталі (сумарна виплавка сталі зросла за 1870-1900 роки в 20 разів). У США винайдено конвеєр (система Тейлора), що забезпечив гігантське зростання продуктивності праці. Третя промислова революція (кінець

XX століття) базується на відмові від використання корисних копалин, перехід до поновлюваних джерел енергії в поєднанні з впровадженням комп'ютерів в виробництво, автоматизацією і переходом до цифрового адитивного виробництва. Незважаючи на те, що реалії третьої промислової революції ще не поширилися по всьому світу, на початку XXI назріла нова «революційна ситуація» (четверта) - перехід на повністю автоматизоване цифрове виробництво, кероване інтелектуальними системами в режимі реального часу в постійній взаємодії із зовнішнім середовищем, що виходить за межі одного підприємства, з перспективою об'єднання в глобальну промислову мережу. Виробничі потужності будуть взаємодіяти з виробленими товарами і адаптуватися при необхідності під нові потреби споживачів. При цьому цілі етапи виробництва будуть відбуватися без участі людини.

П'ята промислова революція передбачає гармонізацію у взаємодії людини та штучного інтелекту.

На автоматизацію і механізацію покладається рішення наступних **завдань**:

- 1) підвищення продуктивності праці;
- 2) поліпшення якості продукції;
- 3) оптимізація управління;
- 4) усунення людини від виробництв, небезпечних для здоров'я;
- 5) підвищення надійності і точності;
- 6) зменшення часу обробки даних.

Узагальнення цих завдань дозволяє глибше оцінити значення механізації і автоматизації як для виробництва, так і в житті людей (рис.1.1).

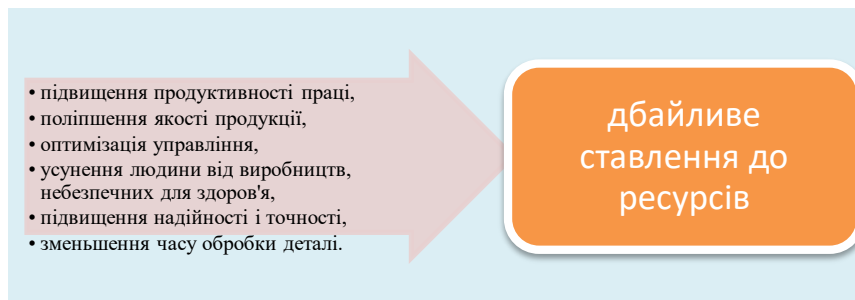


Рис.1.1. Узагальнений результат задач автоматизації і механізації

Розуміння того, що робота підприємства неможлива без наявності **ресурсів**, дозволяє по-новому підходити до їх використання (рис.1.2).

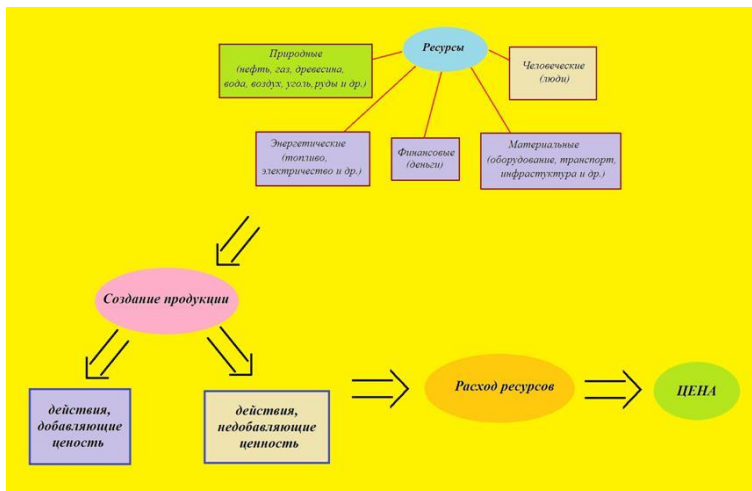


Рис. 1.2. Види ресурсів, їх розподіл і значення для виробництва

При дбайливому ставленні до ресурсів виключається їх перевитрата. Роботи, що виконуються при проектуванні, виготовленні виробів відносяться до таких, які додають цінність йому чи ні. Останні включають, як правило, допоміжні роботи. Зокрема, до них відноситься транспортування, установка, закріплення, складування, контроль та ін. На зменшення часу виконання цих допоміжних операцій орієнтуються роботи по механізації і автоматизації. Тому підвищення продуктивності праці, в першу чергу, спрямована на зменшення витрат ресурсів, що використовуються при виготовленні продукції.

Також до переваг автоматизації можна віднести наступне [1]:

- заміна людини в задачах, що включають важку фізичну або монотонну працю;

- заміна людини при виконанні завдань в небезпечних умовах (а саме: пожежа, космос, виверження вулканів, ядерні об'єкти, під водою і т.д.);

- виконання завдань, які виходять за рамки людських можливостей по вазі, швидкості, витривалості і т.д.;

- сталість дій при завантаженні - розвантаженні, обробки, контролі, транспортуванні, що забезпечують стабільну точність виробництва;

- автоматичний контроль, що виключає брак при обробці продукції.

Впровадження автоматизації на підприємстві, як правило, супроводжується звільненням людей за рахунок заміни їх праці машиною. Однак при цьому слід особливо підкреслити соціальну значимість механізації та автоматизації. Вони створюють передумови для ліквідації відмінностей між розумовою і фізичною працею, змінюють умови і характер праці, сприяють підвищенню кваліфікації працівників, зниженню нещасних випадків, оскільки в автоматизованому виробництві праця персоналу зводиться до спостереження за роботою машин.

Таким чином автоматизація виробництва, з одного боку скорочує число некваліфікованого персоналу, з іншого боку, створює нові робочі місця для висококваліфікованих працівників, які обслуговують машини. Так, за даними ДІНК [2], в німецькій обробній промисловості за рахунок впровадження засобів автоматизації та механізації протягом останніх п'яти років було створено понад 350 тисяч нових робочих місць. Затребуваними є оператори автоматизованих верстатів, програмісти, конструктори, технологи.

Статистичний аналіз зміни кількості робочих місць при впровадженні автоматизації показав, що загальна потреба економіки в праці не зменшується.

В даний час автоматизація виробництва досягла такого рівня, що може знайти застосування як в масовому, так і в одиничному виробництві за рахунок застосування різних напрямків. Так, для масового виробництва характерне застосування автоматичних поточкових ліній. Для дрібносерійного і серійного виробництва основний напрямок - використання гнучких автоматизованих систем, які можна швидко переналагоджувати для виробництва певного виду виробів в зв'язку з виробничими потребами. При цьому вони

забезпечують випуск продукції при найменших затратах часу і ресурсів, сприяють зростанню ефективності виробництва.

Оцінка рівня механізації і автоматизації виробництва виконується за такими параметрами:

Ступінь охоплення робітників механізованою працею C_m (в%)

$$C_m = \frac{P_m}{P} 100$$

P_m - число робітників, що виконують роботу механізованим способом;

P - загальне число робочих на даній ділянці (в цеху).

Рівень механізованої праці в загальних трудовитратах U_{mp} (в%)

$$U_{mp} = \frac{T_m}{T} 100$$

T_m - час механізованої праці на виробництві;

T - загальний час праці на виробництві.

Список використаних джерел:

1. Автоматизація виробничих процесів /І.В.Ельперін, О.М.Пупена, В.М.Сідлецький, С.М.Швед. —Київ: Ліра-К, 2021. — 378с.

2. <https://www.dihk.de/de>

Тема 2

Комп'ютерне інтегроване виробництво

Робота конкурентоспроможного виробництва, що швидко реагує на мінливість кон'юнктури ринку, тісно пов'язаного з підприємствами - постачальниками і з замовниками немислима без використання автоматизованих систем управління (АСУ). АСУ - комплекс апаратних і програмних засобів, а також персоналу, призначений для управління різними процесами в рамках технологічного процесу, виробництва, підприємства. Будь-який процес автоматизованого або автоматичного управління складається з наступних основних етапів: отримання інформації про завдання управління; отримання інформації про результат управління; аналіз одержуваної інформації про результат управління; виконання рішення впливом на об'єкт управління. Для реалізації процесу управління АСУ повинна мати: джерела інформації про завдання управління; джерела інформації про результати управління (датчики, вимірювальні пристрої та ін.); пристрою для аналізу одержуваної інформації та вироблення рішення; виконавчі пристрої, які впливають на об'єкт управління (регулятори, двигуни, підсилювачі та ін.).

На вітчизняних підприємствах, в залежності від вирішуваних завдань, створювалися і функціонували автоматизовані системи управління підприємством (АСУП), автоматизовані системи управління технологічними процесами (АСУТП), системи автоматизованого проектування (САПР) та ін.

АСУП використовується для вирішення завдань, пов'язаних з плануванням і управлінням ресурсами підприємства, управлінням фінансами, постачанням і продажем.

АСУТП призначена для автоматизації управління технологічним обладнанням на промислових підприємствах. З її допомогою забезпечується автоматизація основних операцій технологічного процесу на виробництві в цілому або на якійсь ділянці, що випускає завершений виріб. Як правило, АСУТП має єдину систему операторського управління технологічним процесом у вигляді одного або декількох пультів управління, засоби обробки та архівування інформації про хід процесу, типові елементи автоматики: датчики, пристрої управління, виконавчі пристрої. Головною

особливістю АСУТП є обов'язкова участь людини-оператора в її роботі. Роль оператора полягає в постійному контролі за системою операторського управління. Для інформаційного зв'язку всіх підсистем використовуються промислові мережі.

Система АСУТП є багаторівневою (рис.2.1): на польовому рівні розташовані датчики і виконавчі механізми, які здійснюють зв'язок між АСУТП і технологічним процесом.



Рис.2.1. Структурна схема АСУТП

На нижньому рівні - контролери АСУТП, що виконують вимірювання параметрів технологічного процесу, керуючі його протіканням і передають інформацію через комунікаційний сервер мережевого рівня на верхній рівень. На верхньому рівні розташовані операторські станції і сервер системи. На сервері системи розташовується вся архівна інформація, база даних програмного забезпечення контролерів. На операторських станціях відображається мнемосхема об'єкта з усіма поточними вимірюваними параметрами, і оператор веде технологічний процес, маючи всю потрібну інформацію

на екрані монітора. У разі необхідності, основні параметри технологічного процесу можуть передаватися в центральну диспетчерську, головний офіс.

САПР призначена для підвищення ефективності процесу проектування за допомогою програмного забезпечення. При цьому в цілому полегшується процес конструювання за рахунок використання бібліотеки готових рішень; інформаційної бази, закладеної в структурі програми; автоматичного збору та класифікації всіх супутніх документів, паралельного конструювання та надання обсягу робіт на поточний момент моделювання.

Впровадженню АСУ сприяло розвиток кібернетики в 50 - ті роки ХХ століття і рішучість таких вчених як Китов А.І., Глушков В.М., Ляпунов А.А., Берг А.І., які брали участь у створенні перших вітчизняних електронно-обчислювальних машин і обґрунтували їх використання для переходу від ручних і особистих форм управління до автоматизованих, збору і обробки статистичних і облікових даних як по кожному підприємству, так і по країні в цілому. Це дозволяє аналізувати показники, оцінювати потреби в робочій силі, матеріалах, наявність грошових коштів, знизити вплив людського фактору. Згодом теоретичні розробки в області АСУ привели до появи проекту загальнодержавної автоматизованої системи обліку та обробки інформації (ЗДАС), спрямованої на інформатизацію всієї радянської економіки. Розробка першої АСУ «Львів» проводилася на Львівському телевізійному заводі з 1965 по 1967 рр. У 1967 р успішно було проведено впровадження першої черги системи, а 1969р. здана друга черга. При впровадженні першої черги вирішувалися завдання оперативного планування і диспетчеризації виробництва, а також його матеріально-технічного забезпечення. З введенням в експлуатацію другої черги вирішувалося завдання автоматизації обліку та звітності на підприємстві, техніко-економічного планування та прогнозування. Технічною базою для роботи АСУ «Львів» послужили дві модифіковані універсальні ЕОМ «Мінськ-22», додатково доукомплектовані різними блоками, що дозволило вирішувати завдання управління в реальному масштабі часу. У наступні роки слід зазначити повноцінне впровадження АСУ в 1977р. на Волзькому автомобільному заводі (АвтоВАЗ), яка вирішувала кілька ключових оперативних і виробничих завдань: оперативно-календарне планування і контроль ходу основного виробництва, управління

складальними конвеєрами в реальному масштабі часу, техніко-економічне планування та бухгалтерський облік, постачання основними і допоміжними матеріалами та комплектуючими виробами, облік руху персоналу і розрахунок заробітної плати, організація ремонту технологічного устаткування, організація, планування і облік виробництва і розподілу запчастин, планування і облік просування замовлень допоміжного виробництва, конструкторсько-технологічна підготовка виробництва та ін. Технічне забезпечення АСУ-ВАЗ мало ієрархічну структуру побудови і забезпечувала технологічно взаємозалежний цикл реєстрації, збору, обробки та видачі інформації в добовому режимі. Особливо слід відзначити, що її успішне впровадження було обумовлено як зацікавленістю керівництва заводу, так і підготовкою персоналу (2680 працівників заводу), яке йшло в безперервному режимі. В результаті впровадження АСУ були повністю виключені операції ручного обліку. Такий же успіх, тільки кілька в менших масштабах, був повторений на декількох харчових і промислових виробництвах, де автоматизовано роботу поточкових ліній, нормативних калькуляцій, планової собівартості та інших розрахунок-ємких завдань.

Однак інтерес більшості підприємств до АСУ залишався нескінченно низьким. Їх мережеве об'єднання обмежувалося відомчими системами, в той час як в США в 1969 році була створена система ARPANET, що стала базисом для розвитку Інтернету, яка зв'язала об'єкти оборони, університети та органи управління, сприяла вільному обміну інформацією та розвитку всіх учасників.

Недоліком радянського підходу при впровадженні АСУ була необхідність узгодження рішень "на верху", що призводило до бюрократичної пробуксовки. Незважаючи на те, що фахівці інформаційних відомств СРСР створили в рамках своєї спільноти демократичну і інноваційну атмосферу, основні важелі управління розвитком галузі залишалися в руках консервативних, підпорядкованих партапарату міністерств. Це призвело до погіршення взаємодії між інформаційними системами підприємств і стримувало їх розвиток. Політичні та економічні реформи часів Перебудови, потреби інтегрування вітчизняної економіки в світову привели до відмови від вітчизняних напрацювань у галузі інформатики. Перехід до ринкової економіки вказав свої правила гри. Країна влилася в загальний процес інформатизації та стандарти АСУ були витіснені

західними концепціями автоматизації виробництва, які можна систематизувати наступним чином:

- системи планування ресурсів (ERP, Enterprise Resource Planning), орієнтовані на оптимізацію кадрових, фінансових, сировинних, енергетичних активів;

- системи управління взаємовідносинами з клієнтами (CRM, Customer Relationship Management), призначені для автоматизації стратегій взаємодії з замовниками, в першу чергу для підвищення рівня продажів;

- системи управління виробничими процесами (MES, Manufacturing Execution System), орієнтовані на рішення задач координації, синхронізації, аналізу та оптимізації виробництва продукції;

- системи диспетчерського управління та збору даних (SCADA, Supervisory Control And Data Acquisition), призначені для забезпечення роботи в реальному часі систем збору, обробки, відображення та архівування інформації про виробничі об'єкти, таких як верстати та інше обладнання, що діє в автоматичному чи напівавтоматичному режимі;

- системи управління даними про виріб (PDM, Product Data Management), призначені для управління всією інформацією про виріб, необхідної на етапах його проектування, виробництва, експлуатації, супроводу і утилізації.

Комп'ютерні системи стали невід'ємною частиною виробництва і в 90-х роках XX ст. вводиться термін «комп'ютерне інтегроване виробництво» (іноземна аббревіатура - Computer integrated manufacturing). Поняття СІМ включає в себе системи автоматизованого проектування (CAD - Computer-Aided Design), які автоматизує працю інженера-конструктора і дозволяють вирішувати задачі проектування виробів і оформлення технічної документації за допомогою персонального комп'ютера; автоматизовані системи технологічної підготовки виробництва (CAPP - Computer-Aided Process Planning); системи автоматизованого контролю якості (CAQ - Computer-Aided Quality); автоматизовані системи інжинірингу (CAE - Computer-Aided Engineering), призначені для вирішення різних інженерних завдань, наприклад, для розрахунків конструктивної міцності, аналізу теплових процесів, розрахунків гідравлічних систем і механізмів; і автоматизовані виробничі системи (CAM - Computer-

Aided Manufacturing), призначені для автоматизованого розрахунку траєкторій переміщення інструменту при обробці на верстатах з ЧПУ і видачі керуючих програм за допомогою комп'ютера.

Завдання CIM:

- поліпшення способу застосування інформаційних технологій для збору, обробки та використання інформації на підприємствах з дискретним типом виробництва;
- усунення окремих ділянок автоматизації, що не взаємодіють з іншими інформаційними системами;
- підвищення продуктивності та конкурентоспроможності підприємства.

Для більш ефективного використання систем, які охоплюються CIM, за рахунок включення їх в єдиний управлінсько-виробничий ланцюжок і створення єдиного інформаційного простору використовують CALS (Continuous Acquisition and Life cycle Support - безперервна інформаційна підтримка поставок і життєвого циклу виробів) концепцію управління життєвим циклом продукції. Її введення обумовлено розумінням виняткової важливості замовника в життя підприємства. Його вимоги до продукції багатогранні і їх реалізація на виробництві вимагає особливого підходу до управління, заснованого на об'єднанні всіх підрозділів навколо цих вимог.

Так як будь-який виріб існує від зародження ідеї і до закінчення терміну його використання, в міжнародній практиці використовується термін «життєвий цикл продукції» і вводиться поняття «петля якості» (ISO 9004-87), яка включає необхідні для виробництва продукції етапи:

- 1) маркетинг, пошуки і вивчення ринку (для автоматизації використовують CRM-системи);
- 2) технічні дослідження і розробки (для автоматизації використовують САПР, CAE, CAD, CAM, PDM-системи);
- 3) проектування / розробка технічних вимог і розробка продукції (для автоматизації використовують САПР, CAE, CAD, CAM, PDM-системи);
- 4) матеріально-технічне постачання (для автоматизації використовують SCM, PDM- системи);
- 5) планування та розробка технологічних процесів (для автоматизації використовують АСТП, CAE, CAD, CAM, PDM-системи);

- 6) вимір, управління і регулювання виробничих процесів (для автоматизації використовують MES, PDM-системи);
- 7) виробництво (для автоматизації використовують АСУП, АСУТП, ERP, MRP, MRP II, SCM MES, PDM-системи);
- 8) технічне обслуговування технологічного процесу (АСУП, АСУТП, ERP, MRP, MRP II, SCM MES, PDM-системи);
- 9) контроль, діагностика і випробування (для автоматизації використовують PDM-системи);
- 10) упаковка і зберігання (для автоматизації використовують WMS, PDM-системи);
- 11) реалізація і розподіл продукції (для автоматизації використовують CRM, PDM-системи);
- 12) використання споживачем (для автоматизації використовують PDM-системи);
- 13) технічна допомога (для автоматизації використовують PDM-системи);
- 14) утилізація після використання (для автоматизації використовують PDM-системи).

Кожен з цих етапів реалізується в структурних підрозділах підприємства. Так, служба маркетингу займається вивченням ринку; конструкторський відділ проектує виріб, створює складальні і робочі креслення; технологічний відділ розробляє технології виготовлення деталей і збірки готової продукції і т.д. Кожен з підрозділів, що беруть участь у випуску продукції додає в неї цінності, які в кінцевому підсумку дозволяють виготовити виріб, очікуваний замовником. Організація виробництва на основі CALS дозволяє швидко адаптуватися до нових умов, що виникають на ринку продукції, пов'язані зі зміною термінів поставок, вимог до продукції, наявністю конкурентів та ін.

Вперше концепція CALS виникла в середині 1970-х рр. в оборонному комплексі США в зв'язку з необхідністю підвищення ефективності управління та скорочення витрат на інформаційну взаємодію в процесах замовлення, поставок і експлуатації засобів озброєння і військової техніки. Рушійною силою стала природна потреба в організації «єдиного інформаційного простору», що забезпечує оперативний обмін даними між замовником (федеральними органами), виробниками і споживачами військової техніки. Дана концепція спочатку базувалася на ідеології життєвого

циклу продукту і охоплювала фази виробництва і експлуатації. Предметом CALS була без паперова технологія взаємодії між організаціями, що замовляють, що виробляють і експлуатуючими військовою техніку, а також формат подання відповідних даних. CALS-технології, довівши свою ефективність, перестали бути прерогативою військового відомства і почали активно застосовуватися в промисловості, будівництві, транспорті та інших галузях економіки, розширюючись і охоплюючи всі етапи життєвого циклу продукту.

Поряд з CALS-системою, яка більше реалізується в організаціях військового відомства, на цивільних підприємствах створюється PLM-система (Product Lifecycle Management- управління життєвим циклом виробів) - прикладне програмне забезпечення підтримки виробів на всіх етапах життєвого циклу. Характерна особливість PLM - забезпечення взаємодії як засобів автоматизації різних виробників, так і різних автоматизованих систем багатьох підприємств, тобто технології PLM є основою, що інтегрує інформаційний простір, в якому функціонують САПР, ERP, PDM, CRM і інші автоматизовані системи багатьох підприємств. Широке впровадження PLM стримується наявністю на підприємствах АСУ від різних постачальників, для інтеграції яких необхідно застосовувати засоби перетворення даних з одного формату в інший, що нерідко викликає помилки і погіршує якість інформації. Тому рекомендується використовувати програмні продукти з єдиним інформаційним простором на всіх етапах життєвого циклу від одного постачальника.

Список використаних джерел:

1. Автоматизація виробничих процесів /І.В.Ельперін, О.М.Пупена, В.М.Сідлецький, С.М.Швед. —Київ: Ліра-К, 2021. — 378с.

Тема 3

**Програмне забезпечення етапів життєвого циклу
продукції**

Минув час використання не пов'язаних один з одним програм і систем, що автоматизують окремі ланки технологічного ланцюга виробництва, як це було на зорі комп'ютерної ери. Щоб відповідати вимогам сьогодення, процес автоматизації проектування необхідно розглядати в комплексі, як систему взаємопов'язаних конструкторських, розрахункових і технологічних програмних інструментів на всіх стадіях проекту. Застосовувані при цьому програмні продукти CAD / CAM / CAE систем в залежності від розв'язуваних ними завдань можна розділити на дві групи: спеціалізовані та універсальні.

Спеціалізовані програмні комплекси можуть використовуватися як автономно, так і включатися до складу універсальних систем. За функціональною ознакою вони класифікуються на:

- програми для графічного (CAD) ядра системи (Design Base, Parasolid, Unigraphics, Solid Works, ACIS-ADEM, AutoCAD, Solid Edge);

- системи для функціонального моделювання (CAE), що реалізують метод кінцевих елементів, які, в свою чергу, також діляться на системи загального застосування (NASTRAN, ANSYS, COSMOS / M та ін.) та проблемно-орієнтовані системи (ADAMS, MARS та ін.);

- системи для підготовки керуючих програм для технологічного обладнання (CAM) (SmartCAM, Euclid, та ін.).

Універсальні системи призначені для комплексної автоматизації процесів проектування, аналізу і виробництва продукції машинобудування. Залежно від функціональних можливостей розрізняють системи низького рівня (AutoCAD, TopCAD, Caddy), середнього рівня (Cimatron, Pro / JUNIOR) і повномасштабні (CATIA, UNIGRAPHICS, Pro / ENGINEER).

Щоб скласти уявлення про наявні в даний час прикладні програмні продукти, розглянемо структуру і можливості деяких сучасних зарубіжних і вітчизняних інтегрованих CAD / CAM систем. Почнемо з систем низького рівня.

Autodesk Mechanical Desktop (AMD) продукт американської компанії Autodesk - об'єднує нові версії кількох програмних продуктів: AutoCAD R13 - базовий графічний пакет, що включає твердотільне моделювання; AutoCAD Designer 2.0 - параметричне моделювання тривимірних твердотільних об'єктів; AutoSurf 3.0 - моделювання однорідних і неоднорідних тривимірних поверхонь; Assembler - засіб створення складальних одиниць; AutoCAD IGES - транслятор обміну файлами графічних даних з іншими системами САПР.

Ідеологія роботи в AMD базується на використанні параметричних об'єктів. Основу такого об'єкта становить начерк, виконаний засобами AutoCAD, - вид виробу, що найбільш повно відображає майбутню конструкцію. Надалі AMD відкоригує цей малюнок - ескіз: лінії майже вертикальні або майже горизонтальні стануть такими, майже співвісні окружності стануть співвісними і т.д. Конструктору залишається лише внести додаткові логічні зв'язки між окремими елементами ескізу або змінити ті, які система внесла сама, а також проставити необхідні розміри або залежності. Вони можуть бути задані у вигляді конкретних значень, формул; значення одних параметрів можуть бути виражені через інші; параметри можуть бути глобальними - в цьому випадку вони доступні для всіх розроблюваних деталей. Зміна будь-якого розміру призводить до модифікації всієї конструкції, а не тільки окремого елемента, як було в AutoCAD більш ранніх версій.

Після того, як ескіз намальований, приступають до розробки твердотільної моделі. «Тіло» утворюється або «видавлюванням» ескізу в третій вимір, або обертанням, або його переміщенням уздовж заданої кривої. Надалі базовий елемент конструкції можна за допомогою логічних (булевих) операцій об'єднати з іншими деталями або, навпаки, видалити окремі частини. Малюнок будується в певній площині, що допомагає добудовувати модель, змінювати зовнішній вигляд будь-якої деталі. Деякі конструктивно-технологічні елементи (фаски, заокруглення, отвори під болти - наскрізні й глухі, гладкі, зенковані, під головку впотай, різьбові) можуть бути внесені безпосередньо в твердотільну модель. Кожен обраний елемент відображається у вікні діалогу, де наочно показується, які зміни відбудуться після його внесення в конструкцію. Побудувавши твердотільну модель, конструктор може визначити її масу, площу

поверхні, інерційні характеристики. AMD пропонує простий механізм отримання окремих видів, розрізів, перетинів готової твердотільної моделі. Будь-яка зміна розміру в моделі відіб'ється в кресленні, і навпаки. Використання глобальних параметрів при поставленні розмірів моделі дозволяє створювати варіанти однотипних складальних вузлів. AMD забезпечує також взаємодію твердих тіл з поверхнями і формування складальної конструкції на основі окремих деталей. Операція складання схожа на ту, яка застосовується на практиці: на екрані монітора, як на столі, викладається необхідна кількість деталей, які необхідно включити в складальний вузол виробу. Кожна деталь при цьому характеризується просторовими ступенями свободи. Перша є базовою, до неї приєднуються всі інші. Після того як всі деталі встановлені на свої місця, конструктор отримує складальне креслення всього вузла в різних проекціях з необхідними розрізами та перерізами. Додатково можна створити специфікацію на це складальне креслення з автоматичним включенням всіх деталей зборки. При генеруванні робочих креслень відбувається автоматичне видалення штрихових і невидимих ліній. Робочі креслення можуть бути отримані в суворій відповідності з міжнародними промисловими стандартами і ЕСКД. САМ частина в AMD відсутня.

Вітчизняними представниками простих універсальних систем типу AutoCAD є параметрична система автоматизованого проектування і креслення T-FLEX CAD фірми «Топ Системи», КОМПАС 3D фірми «Аскон» та ін.

В якості представника CAD / САМ систем середнього рівня розглянемо Сimatron it. Він являє собою повний набір засобів для конструювання, аналізу, креслення і виробництва на верстатах з ЧПУ і задовольняє всім сучасним вимогам, що пред'являються до систем такого класу підприємствами різних машино - і приладобудівних галузей.

Модульна структура програмного забезпечення дозволяє вибрати необхідну користувачу конфігурацію:

- двовимірне проектування і виготовлення креслень;
- тривимірне проектування і виготовлення креслень;
- тривимірне проектування і розробка керуючих програм;
- тривимірне проектування, виготовлення креслень і розробка керуючих програм;

- твердотільне параметричне моделювання деталей і їх складання;

- параметричне ескізне проектування.

Будь-яка базова конфігурація може бути розширена.

Основними характеристиками конструкторської частини системи є дружній інтерфейс, стабільність дій користувача, інтелектуальна обробка помилок, гнучке управління графічним середовищем, настройка на необхідний режим роботи, розвинені засоби моделювання, автоматичне отримання проєкцій на базі тривимірної моделі, ефективна структура бази даних.

При необхідності додаткові функції можуть бути розроблені користувачем на мовах Сі та ФОРТРАН з використанням великої бібліотеки підпрограм. Можливість використання параметричних об'єктів і механізм створення макросів дозволяють підвищити рівень автоматизації проектування. Сіmatron не просто підтримує автоматизоване конструювання, а принципово розширює можливості користувача. Система має потужний набір функцій побудови складних моделей, включаючи різноманітні засоби створення поверхонь, яких аналітично не можливо описати. Засоби поверхневого проектування - це кінематичні, лінійчаті поверхні, поверхні обертання, поверхні Безье, Грегори, NURBS тощо. Необмежена кількість систем координат, більше 500 рівнів видимості, багатовіконний режим роботи, можливість в будь-який момент дізнатися характеристики будь-якого геометричного елемента дають проєктувальнику повний контроль над графічним представленням інформації.

За допомогою Сіmatron швидко і просто створювати креслення. Автоматично проєктуються види на основі тривимірної моделі, обчислюються справжні розміри незалежно від масштабу креслень. При цьому автоматично підтримується зв'язок креслень з тривимірною моделлю. Відповідні кошти дозволяють налаштувати систему на використовувані стандарти креслення. Сіmatron використовується не тільки для проектування окремих деталей, але і надає зручні способи розробки складних складальних проєктів. Проектування виконується «зверху - вниз» - від концепції до окремих складальних одиниць і деталей, і «знизу - вгору», коли спочатку проєктуються деталі, потім вони групуються в складальні одиниці. Можливо поєднання обох методів. Створюване системою «дерево»

виробів супроводжує проект на всіх етапах конструювання, креслення, розробки керуючих програм. Можливість зв'язування записів бази даних і геометричних об'єктів забезпечує швидкий доступ до інженерних даних про будь-які компоненти проекту, що створює передумови для успішної інтеграції Cimatron з іншими сферами виробництва. Невід'ємною частиною проектування складних деталей є інженерні розрахунки. Для вирішення цих проблем в Cimatron використовується система генерації сітки кінцевих елементів. Система дозволяє задати характеристики випробовуваної моделі (структуру, матеріал та ін.) і тип навантаження. Для особливо складних розрахунків може бути використана повністю сумісна система для передачі даних в спеціалізовані розрахункові комплекси (NASTRAN, ANSYS та ін.). Результати розрахунку відображаються різними способами (кольоромодуляцією, таблицями). Cimatron може бути пов'язан з будь-якою іншою CAD / CAM системою за допомогою стандартних інтерфейсів даних, таких як IGES, VDA, DXF. Система проектує керуючі програми для фрезерних (включаючи п'яти координатні верстати), свердлильних, токарних, верстатів, листопробівних пресів. Вона генерує траєкторію руху інструменту для обробки безлічі поверхонь з автоматичним контролем зарізання, має засоби створення бібліотеки інструментів. Графічний режим моделювання дозволяє налагодити керуючу програму до виходу на верстат. Введення даних можливо з діджитайзера або координатно-вимірювальної машини, вивід - на стереолітографічну машину.

Cimatron незалежний від апаратного забезпечення і може використовуватися на змішаних комп'ютерних мережах.

В якості інших систем середнього рівня можна відзначити CADdy, ADEM та ін.

Уявлення про можливості повномасштабних CAD / CAM / CAE систем можна отримати, розглянувши один з найпоширеніших програмних продуктів - Pro / ENGINEER.

Система Pro / ENGINEER являє собою модульну структуру, ядро якої - базовий модуль Pro / ENGINEER, до якого підключається безліч різних модулів, що охоплюють весь спектр конструкторсько-технологічних розробок. Pro / ENGINEER спроектований таким чином, що він використовується конструктором з самого початку роботи над виробом - з моменту визначення об'єктів і характеристик конструкції. Каскадне меню забезпечує логічний вибір і установку

більшості передвиборних опцій. У будь-який момент доступна повна допомога по виконуваній функції і коротка підказка в рядку підказок. Це робить систему Pro / ENGINEER простою у використанні навіть для не підготовлених конструкторів. Досвідчені користувачі за допомогою «макроклавіші» (для виконання часто використовуваних послідовностей команд) заданих ними призначених для користувача меню значно збільшують продуктивність роботи з системою. Можливість системи виконувати ескізну геометрію безпосередньо на твердотільній моделі дозволяє легко і просто поміщати об'єкти («Фічер») в конструкцію моделі.

Система заснована на єдиній структурі даних, з можливістю робити зміни безпосередньо в системі. Таким чином, зміни, внесені в якийсь момент розробки, автоматично переносяться на всі реалізовані етапи конструкторсько-технологічного процесу, забезпечуючи спадкоємність інженерних розробок. Моделювання в Pro / ENGINEER засноване на «Фічер», таких як фаски, ребра, заокруглення, оболонки та ін., що дозволяє створювати геометрію будь-якої складності. Поряд з інформацією про їх місцезнаходження і зв'язках з іншими об'єктами «Фічер» містять не геометричну інформацію, наприклад, процес виготовлення і пов'язані з ним витрати. Для розміщення «Фічер» немає необхідності в координатній системі, так як вони безпосередньо пов'язуються з існуючою геометрією. Внаслідок цього всі зміни здійснюються просто і швидко і відповідають оригінальному конструкторському задуму. У Pro / ENGINEER збірка компонентів (як деталей, так і підвузлів) здійснюється за допомогою таких операцій як «приклеїти», «вставити», «орієнтувати». Можна швидко створювати збірки будь-якої складності. Причому компоненти «пам'ятають», як вони зібрані, і при зміні або геометрії, або розташування деталі відповідним чином змінюються інші характеристики. Деталь можна проектувати безпосередньо в збірці, визначаючи її геометрію індивідуально або щодо геометрії існуючих деталей, і при модифікації параметрів останніх автоматично оновлюються геометрія і розташування проєктованої деталі.

Твердотільне моделювання в Pro / ENGINEER засноване на безгранній технології подвійної точності, що забезпечує високу точність представлення геометрії, характеристик маси і перевірки всіляких зазорів і перетинів. Повна асоціативність системи надає потужні можливості щодо внесення будь-яких змін, забезпечуючи

паралельність розробки конструкторського і технологічного процесів. Інструмент для роботи з параметричної базою даних дозволяє успішно управляти цими синхронними процесами і проводити будь-які контрольні роботи.

Інтерфейс користувача не залежить від операційної системи, тому користувачі можуть вибирати найбільш економічну конфігурацію для своїх потреб і поєднувати різні конфігурації платформ. Система гарантує легкість обміну інформацією між платформами з будь-якою архітектурою.

Слід зазначити, що всі використовувані програмні комплекси постійно розвиваються, доповнюються новими модулями і можливостями, але, яким би високим не був їх рівень, вони самі по собі не функціонують. ЕОМ і встановлений на ній програмний продукт є високопрофесійним інструментом, такий як, наприклад, олівець або лінійка. Робота на ЕОМ відбувається в формі діалогу. Діалог з ЕОМ веде чоловік (користувач) за допомогою покажчика (курсора), який управляється мишею або клавішами клавіатури. Таким чином, рівень ефективності використання ЕОМ залежить від ступеня підготовленості фахівця.

Використання окремої інтегрованої програмної продукції різних виробників ускладнює вирішення комплексної автоматизації життєвого циклу виробу. Тому рішення, запропоноване фірмою Siemens, системою Teamcenter є актуальним.

Teamcenter - це PLM система, що забезпечує організацію колективної роботи співробітників підприємства (групи підприємств) з даними про виріб і пов'язаних з ним процесів на всіх етапах його життєвого циклу. Teamcenter дозволяє упорядкувати процеси розробки та використання моделей і тим самим допомагає перейти від використання 3D моделей як вихідних даних для оформлення 2D документації до використання 3D моделей в якості основного документа, що містить дані про виріб. Це призводить до суттєвого підвищення ефективності використання CAD / CAM / CAE систем підприємства і в підсумку, до скорочення термінів від початку розробки до виготовлення перших зразків - в 2-3 рази з досвіду використання на підприємствах Росії і СНД.

Відмінними рисами Teamcenter є:

- Модульність:

о Система складається з модулів, що дозволяє підприємству розширювати можливості системи (надбудовувати її) у міру зростання потреб. Всі модулі сумісні забезпечують роботу з єдиними даними;

о Склад модулів забезпечує вирішення завдань, що виникають на всіх етапах життєвого циклу виробу від планування розробки виробу і збору та управління вимогами, на початковому етапі, до управління експлуатаційною документацією і роботами по ремонту та обслуговуванню примірника виробу на етапі післяпродажної підтримки;

- Масштабованість:

о Система забезпечує безперервну роботу (24 години 7 днів на тиждень) розумно необхідного числа користувачів (30-40 тис. чоловік розподілених по земній кулі);

о Забезпечується можливість багаторазового збільшення числа користувачів і підключення нового серверного обладнання без зупинки роботи користувачів;

о Система надає широкі можливості по організації спільної роботи, що виконується на територіально віддалених майданчиках. При цьому забезпечується облік, як технічних можливостей мережі (пропускна здатність, час відгуку), так і вимог безпеки;

- Універсальність:

о Забезпечується робота з CAD / CAM даними, створюваними в системах NX, Solid Edge, Catia, Pro E, Solid Works, AutoCAD, Inventor та іншими;

о Забезпечується робота з CAE даними, створюваними в системах NX Advanced Simulation, Femap, Ansys, MSC Nastran, Abaqus та інших;

о Забезпечується робота з даними ECAD систем розробки фірм, Cadence Design Systems, Mentor Graphics, Zuken (наприклад, E3.series), а також інтеграція із засобами автоматизованого проектування електронних схем (EDA);

о Teamcenter інтегрований з багатьма засобами розробки додатків, в тому числі з ClearCase;

о Забезпечується доступ до даних Teamcenter з додатків Microsoft - Word, Excel і Outlook. Наприклад, процедури узгодження можуть виконуватися в Outlook, а оформлення звітів, заснованих на складі виробу в Excel;

- о Інтеграція зі спеціалізованими додатками по створенню технічної документації - Cortona 3D, XMetal Author, ARBORTEXT та іншими;

- о Забезпечується управління і зберігання електронних даних в будь-яких форматах;

- Широкі можливості управління складом виробу:

- о Наявність механізмів управління версіями, опціями і альтернативами дозволяє вести в одному електронному складі виробу все його варіанти і одночасно зберігати склад кожного примірника виробу. Дана технологія забезпечує істотне зниження трудомісткості проведення змін в складі виробу та розробки нових варіантів (модифікацій) виробу. Крім цього, забезпечується можливість управління етапами розробки (наприклад, аванпроект, ескізний проект, робочий проект) на базі одного макета, що забезпечує зниження трудомісткості цих етапів проектування. Все це зумовило широке застосування системи як в промисловості, що випускає великі серії і безліч модифікацій одного виробу (наприклад, автомобільна або авіаційна промисловість), так і для штучних виробів (наприклад, в суднобудуванні);

- о Завдяки тому, що здійснюється синхронізація даних CAD систем зі складом продукту, користувачі можуть працювати з різними складами (або варіантами складу) безпосередньо в CAD системі;

- о Система підтримує трансформацію складу виробу з конструкторського в технологічний або експлуатаційний з автоматичним спадкуванням даних. Наприклад, якщо в конструкторський склад деталь входить як опціональна компонента, то і в технологічному складі вона автоматично буде мати теж варіантну умову на входження. Наявність механізмів порівняння складів дозволяє уникнути помилок при трансформації;

- Широкі можливості пошуку і структурування інформації:

- о Забезпечується пошук, як по атрибутах виробів, так і за змістом текстових документів;

- о Просторовий пошук елементів конструкції виробу дотичних або, що знаходяться поруч, з будь-яким елементом (групою елементів), або в заданому обсязі з їх візуалізацією і можливістю подальшого завантаження в CAD систему Це дозволяє істотно скоротити трудомісткість і помилки вибору обстановки. Одночасно

забезпечується застосування фільтрів (наприклад, по позначенню або за розміром елементів);

- о Пошук геометрично подібних елементів використовується для підвищення уніфікації конструкції;

- о Наявність класифікаторів забезпечує структуроване подання інформації та істотно полегшує пошук класифікованих об'єктів. Крім цього, класифікатори дозволяють організувати ведення різних обмежувачів;

- Низькі експлуатаційні витрати (вартість володіння системою):

- о Налаштування системи не вимагає програмування;

- о Зміна налаштувань системи, в тому числі розширення моделі даних не вимагають зупинки системи і виробляються паралельно зі штатною роботою користувачів.

- о Наявність «тонкого» клієнта, що не потребує установки на робоче місце користувача;

- о Наявність механізму управління правами доступу за допомогою «Дерева правил» дозволяє істотно знизити трудомісткість робіт по розподілу прав;

- о Інтерфейс системи Teamcenter наблизений до інтерфейсу додатків Microsoft, що полегшує освоєння системи;

- Інтеграція з виробничими системами:

- о Наявність власного модуля забезпечує підготовку виробництва і розвинена інтеграція зі спеціалізованими технологічними додатками (наприклад, Tecnomatix для імітаційного моделювання), а також MES і ERP системами підприємства забезпечує прискорення підготовки виробництва і повноцінне використання даних, що в підсумку призводить до істотного скорочення термінів і вартості циклу розробки та виготовлення.

Модулі системи Teamcenter:

1. Управління вимогами - Systems Engineering & Requirements Management

Вимоги описують виріб, який планує купувати замовник. Вони пов'язують запити замовника (специфікації) з різними напрямками розробки виробу. Процес розробки нового або модифікації існуючого виробу ініціюється різними вимогами (вимоги стандартів, замовників, ринку). Наприклад, це вимоги по шумності продукту, вимоги по ергономіці, вимоги по ресурсу і так далі. Виконання вимог стандартів до продукції, що випускається (як вітчизняних, так і зарубіжних) -

гарантія сертифікації продукції. Для того, щоб забезпечити відповідність виробу всім вимогам, що пред'являються, розробнику необхідний швидкий доступ до цих вимог протягом усього процесу проектування. Проект, частково відповідає вимогам, що пред'являються, може бути причиною скорочення обсягу, зниження вартості і навіть скасування замовлення. Для попередження подібних труднощів додаток дозволяє:

- Розробити вимоги до виробу, а також провести аналіз їх взаємозв'язків ще до початку або на ранній стадії проектування;
- Провести прив'язку вимог до складових виробу і підтримувати ці зв'язки на всіх етапах його життєвого циклу;
- Управляти вимогами - уточнювати, переглядати, розширювати, проводити контроль відповідності.

Використання програми дозволяє збільшити ступінь участі замовника на всіх стадіях процесу розробки і дозволяє істотно скоротити помилки. Модуль дозволяє додавати нові об'єкти в дерево вимог з інших документів, пов'язувати існуючі вимоги між собою, тим самим, формуючи логічно зрозумілу структуру вимог. Важливою перевагою програми є можливість створення зв'язків вимог з елементами складу виробу (збірками, деталями, покупними виробами та іншими) або функціональними блоками, що дозволяє оперативно проводити аналіз впливу змін вимог на склад виробу (функціональні блоки виробу) і зміни конструкції виробу для забезпечення відповідності вимогам.

Основні функції модуля:

- Завантаження (Import) вимог з документів в форматах MS Word і Excel;
- Вивантаження (Export) вимог в форматах MS Word і Excel;
- Використання попередньо налаштованих шаблонів для формування документа до вимог в форматах MS Word і Excel;
- Синхронне редагування в двох виставах вимог - у вигляді ієрархічної структури і у вигляді документа;
- Можливість роботи з вимогами через «тонкий» клієнт;
- Розширені можливості трасування і навігації по структурі вимог;
- Надання можливості зв'язку вимог з елементами розкладу. Це дозволяє висунути вимоги до завдань календарного плану з метою отримання контрольованого результату;

- Побудова діаграм об'єктів вимог за допомогою широкопоширеного додатка MS Visio. Побудовані таким чином діаграми перетворюються в об'єктну структуру вимог і, згодом, можуть бути використані при оформленні документів;

- Інтеграція з системою управління вимогами DOORs, що забезпечує двосторонній інтерфейс і підтримує формат RIF (Requirement Interchange Format).

2. Управління проектами - Portfolio, Program & Project Management

Модуль управління проектами призначений для вирішення завдань, пов'язаних з плануванням, організацією і управлінням діями, спрямованими на досягнення поставлених цілей при заданих обмеженнях на використання ресурсів.

Типовими завданнями, які вирішує модуль є:

- Розробка планів виконання проектів, в тому числі розробка структурної декомпозиції робіт проекту і мережних графіків. Для спрощення створення і підвищення якості розроблюваних планів можуть використовуватися шаблони заздалегідь підготовлених типових або раннє затверджених планів. При цьому забезпечується спадкування завдань, тривалості виконання, призначених ресурсів. Крім цього, для розробки комплексних графіків забезпечується об'єднання декількох графіків розроблюваних різними користувачами;

- Планування потреб в ресурсах;

- Управління календарями - ведення декількох календарів з урахуванням тривалості робочого часу, свят та інших вимог;

- Відстеження ходу виконання робіт, порівняння поточного стану робіт з планованим, в тому числі шляхом взаємодії з процедурами Workflow. Це дозволяє забезпечити автоматичну фіксацію в системі позначки про виконання роботи по завершенню пов'язаного з нею етапу процедури;

- Розрахунок і оптимізація планів з урахуванням обмежень на ресурси;

- Створення базису (базисів) - фіксування стану план-графіка на певний момент часу (дату). Це забезпечує можливість виявлення відхилення поточного стану графіка;

- Формування управлінських рішень, пов'язаних з впливом на процес або з коригуванням планів;

- Можливість пов'язувати відомості про ставки і тарифи з тими чи іншими ресурсами групи для того, щоб здійснювати загальний або детальний контроль витрат;

- Формування повного уявлення про види та інтенсивності навантажень на робочі групи, а також ризики для кожного конкретного проекту, пов'язаних з невиконанням плану;

- Система сповіщення користувачів дозволяє розробнику плану створити текст повідомлення і призначити одержувача, якому буде направлено повідомлення в разі виникнення налаштованих подій, пов'язаних із завданням і / або графіком;

- Підписка на оповіщення про події аналогічна повідомленням. Тут користувач може самостійно підписатися на виникаючі в системі певні події;

- Інтеграція з MS Project надає двосторонній інтерфейс, що забезпечує при імпорті можливість пов'язання користувачів Teamcenter з ресурсами певними в MS Project;

- Формування різних звітних документів.

Модуль, головним чином, орієнтований на наступних користувачів:

- Керівника фінансової служби;
- Керівників підрозділів;
- Менеджерів проектів.

3. Управління процесами проектування - Engineering Process Management

Головним завданням будь-якої PLM системи є управління інформацією про виріб на всіх етапах його життєвого циклу. Управління інформацією неможливо без надійного зберігання даних. Як сховище даних Teamcenter використовує широко поширені і, що давно добре зарекомендували себе, системи управління базами даних Oracle, MS SQL Server і DB2.

Не менш важливим елементом управління інформацією є розмежування доступу до даних для забезпечення захисту комерційної таємниці або просто від несанкціонованої зміни. У Teamcenter реалізована дуже гнучка система управління доступу до даних. Вона заснована на використанні облікових даних користувача, поділі всіх користувачів на групи і на участь у тій чи іншій групі - ролі. Система розмежування доступу заснована на використанні двох типів привілеїв: системної і об'єктної.

Для визначення системної привілеї використовується дерево правил, що представляє собою ієрархічну структуру з необмеженим рівнем вкладеності. Елементами цієї структури є правила, що складаються з умови і списку наданих привілеїв. Щоразу для визначення рівня доступу до об'єкта система обходить дерево правил зверху вниз, порівнює умови чергового правила і, якщо ця умова виконана, поповнює список привілеїв на обраний об'єкт елементами списку поточного правила. Адміністратор системи може модифікувати встановлене дерево правил для реалізації вимог підприємства, що пред'являються до організації доступу до тих або інших даних. Користувач, який має відповідні повноваження, може розширити або обмежити доступ до цього об'єкта іншим користувачам, групам користувачів або ролей.

Завдяки єдиній платформі управління даними, забезпечується підтримка наступних процедур:

- Організація роботи з заявками на зміну нормативно-довідкової інформації. В рамках цієї процедури пропонується комплекс засобів системи Teamcenter, починаючи з засобів обміну повідомленнями між користувачами, закінчуючи засобами управління бізнес-процесами за допомогою процедур Workflow;
- Доступ до історії зміни будь-якого об'єкта нормативно-довідкової інформації;
- Доступ до об'єктів нормативно-довідкової інформації безпосередньо з середовища проектування NX;
- Перегляд і редагування документів, підключених до об'єктів довідників, з урахуванням стандартних правил колективного доступу до інформації;
- Централізоване зберігання і доступ до нормативно-довідкової інформації в рамках розподіленої роботи над проектом між декількома підприємствами (механізми MultiSite).

4. Управління складом виробу - Bill of Materials Management

Завдання ведення складу виробу є однією з ключових завдань будь-якої PLM системи, адже саме її рішення дозволяє забезпечити виробництво даними, необхідними для замовлення матеріалів та комплектуючих, планування виробництва та виготовлення виробу. Teamcenter має широкий набір інструментів по управлінню складом виробу.

Крім цього, Teamcenter забезпечує управління декількома узгодженими складами, що описують виріб на різних етапах і стадіях його життєвого циклу. Наприклад, конструкторський («As-Designed») склад перетворюється в технологічний («As-Planned»), виробничий («As-Built»), експлуатаційний «As-Maintained».

«Менеджер структури» (Structure Manager) - одне з базових додатків з управління структурою виробу. У попередніх версіях цей додаток називався «Редактор структури виробу» (PCI).

Головне вікно програми відображає входимість виробів один в одного у вигляді ієрархії складальних одиниць і деталей з необмеженим рівнем вкладення. Таке уявлення зручно для навігації по структурі виробу. Наявність вбудованої в додаток візуалізації дозволяє легко ідентифікувати компонент не тільки по його атрибутам або розташуванню в структурі, а й за її зовнішнім виглядом.

Додаток підтримує основні функції по редагуванню структури - додавання елемента, видалення елемента і зміна параметрів входження елемента (кількість, номер позиції та інші атрибути).

5. Управління відповідністю - Compliance Management

Teamcenter надає наступні основні функції з управління відповідністю:

- Фіксувати та документувати нормативні вимоги;
- Інтегрувати ці вимоги в прийняті на підприємстві процеси проектування;
- Відстежувати відповідність цим вимогам на всіх етапах життєвого циклу виробу;

Основні області застосування управління відповідністю:

- Створення документації;
- Управління конфігураціями;
- Процедури внесення змін;
- Документообіг;
- Підписка на ресурси і повідомлення;
- Захист інформації та обмежування доступу;
- Формування звітів, відповідно до прийнятих нормативних вимог.

6. Управління контентом і документами - Content and Document Management

Content Management - це потужний засіб розробки, управління та публікації технічної документації, призначене для випуску:

- Різних видів описів і посібників;
- Інтерактивних і статичних каталогів продукції і запасних частин;
- Інструкцій з експлуатації та ремонту.

Content Management є середовищем розробки, управління та публікації документації, з додатковими розширеннями моделі даних, набором власних додатків і інтеграцією з додатками сторонніх виробників, в області створення документації.

В основі цього середовища лежить використання стандартів передачі даних SGML / XML. Головним у підході Content Management - є відділення змісту документації від її формату. Це дозволяє спростити ряд функцій по розробці і публікації технічної документації:

- Налаштування відповідності вимогам прийнятих на підприємстві стандартів (наприклад, S1000D);
- Простота зміни зовнішнього вигляду кінцевого документа;
- Повторне використання фрагментів раніше розроблених документів;
- Публікація в декількох форматах і на різних мовах.

Базисом Content Management є репозиторій (контент), що складається з даних в форматі XML і зберігають посилання на вихідні дані про виріб (атрибути та графічні дані). Для управління цими даними, а також для здійснення інтеграції зі сторонніми спеціалізованими додатками по створенню документації до складу Teamcenter входить модуль Content Manager. Основними функціями цієї програми є:

- Управління даними контенту - створення, зміна та видалення елементів контенту;
- Декомпозиція та збирання всього документа з елементів контенту;
- Управління доступом до даних контенту (режим читання / запис, блокування);
- Синхронізація даних між елементами контенту і вихідними даними;
- Управління шаблонами та таблицями стилів;
- Кешування даних.

7. Управління рецептурою, упаковкою і брендами - Formula, Package and Brand Management

Рішення Formula, Package and Brand Management в Teamcenter надає нові переваги виробничим організаціям і компаніям, що працюють в сфері товарів народного споживання. Рішення забезпечує єдиний підхід до управління брендом. Забезпечує просування бренду за рахунок керування знаннями про нього.

Управління хімічним складом виробу включає декомпозицію формул і рецептів, а також інтеграцію з інструментами розробки хімічного складу для об'єднання різних даних в єдине джерело.

Управління конструкцією і дизайном упаковки забезпечує відстеження вимог до зовнішнього вигляду упаковки і чіткість даних, скорочує число невідповідностей. Глобальне управління технічними характеристиками виробу дозволяє уникнути помилок, синхронно проводити зміни і контролювати їх наслідки.

Цей модуль може застосовуватися в харчовій, фармацевтичній та інших галузях промисловості, що працюють на ринку товарів народного споживання, для управління складанням рецептур і брендів. Основними елементами підсистеми є:

- Рецептурні елементи і суміші.
- Вихідні матеріали, сировина.
- Компоненти.

Управління складом:

- Структура, яка конфігурується.
- Розбиття на розділи та елементи.
- Гнучке представлення структури (розкриваються розділи, відображення повного складу).
- Глобальні, регіональні та специфічні варіанти.

8. Управління постачальниками - Supplier Relationship Management

Платформа Supplier Relationship Management (SRM) - це повністю інтегроване, засноване на WEB-технології рішення, що дозволяє побудувати єдиний робочий простір для роботи з постачальниками. А також організувати інформаційну підтримку конструкторсько-технологічних підрозділів і служб постачання підприємства.

Функції SRM дозволяють автоматизувати основні процеси взаємодії з постачальниками:

- Збір та аналіз основних показників діяльності постачальників.
- Консолідація та обробка даних по закупівлі.

- Оптимізація запитів, пов'язаних з контрактними пропозиціями і розцінками.

- Організація спільної роботи з постачальниками в режимі реального часу.

- Розсилка повідомлень, отримання повідомлень, обмін даними про виріб.

9. Управління електромеханічними даними - Mechatronics Process Management

Мехатроніка - це об'єднані в єдине ціле дані по електриці, електроніці, програмному забезпеченні і фізичному виробі, представляючи його як єдину електромеханічну систему.

Рішення Teamcenter Mechatronics Process Management включає в себе:

- Управління вбудованим програмним забезпеченням (Teamcenter Embedded Software Management).

- Управління електроджгутів (Wiring Harness Design).

- Управління електронними компонентами.

Використання цих рішень дозволяє забезпечити подання в Teamcenter всіх даних, що описують виріб, який розробляється.

10. Управління процесами технологічної підготовки виробництва - Manufacturing Process Management

Process Management Manufacturing Process Management - один з напрямків інформаційної підтримки життєвого циклу виробу в частині управління процесами технологічної підготовки виробництва з метою підвищення ефективності наступних інженерних процесів:

- Assembly Planning & Validation - підготовка виробництва агрегатного і остаточного складання:

- o Визначення технологічного складу виробу;

- o Розробка циклограми процесів агрегатного і остаточного складання;

- o Призначення міжцехових маршрутів;

- o Розробка технологічних процесів агрегатного і остаточного складання;

- o Управління даними про засоби технологічного оснащення для відповідних процесів;

- o Централізоване зберігання нормативно-довідкової інформації;

- o Підтримка процесів, пов'язаних зі зміною конструкторсько-технологічної інформації;

- Part Planning & Validation - моделювання і розробка процесів виготовлення виробів:

- о Призначення міжцехових маршрутів;

- о Розробка технологічних процесів виготовлення (механообробка, штампування, кування, гальваніка, лиття та інших);

- о Управління даними про засоби технологічного оснащення для відповідних процесів;

- о Централізоване зберігання нормативно-довідкової інформації;

- о Підтримка процесів, пов'язаних зі зміною конструкторсько-технологічної інформації;

- Plant Design & Optimization - моделювання і оптимізація виробничих підрозділів:

- о Управління даними про структуру підприємства, починаючи від підприємств, що входять в холдинг / корпорацію, закінчуючи обладнанням і ресурсами, розташованими в виробничих підрозділах (цехах і ділянках) або їх аналогами у вигляді груп робочих центрів;

- Quality Management - забезпечення якості продукції, що випускається:

- о Управління даними про розрахунки / виміри і їх централізоване зберігання;

- о Забезпечення взаємозв'язку складу виробу, розрахункової структури і результатів розрахунку / вимірювання;

- о Управління змінами структур даних;

- о Аналіз розмірних ланцюгів;

- о Аналіз статистичного розподілу полів допусків щодо обсягу партії;

- о Виявлення компонентів, що роблять найбільший вплив на результуючі параметри розмірного ланцюга;

- Robotics & Automation Planning - моделювання і пуско-наладка автоматизованих промислових систем, їх перевірка і оптимізація:

- о Централізоване зберігання виробів, технологічних процесів, нормативно-довідкової та іншої інформації, необхідної для моделювання, перевірки та оптимізації промислових систем в Tecnomatix;

- Production Management - управління процесами виробництва і їх оптимізація:

- о Забезпечення двостороннього обміну даними між Teamcenter і MRP / ERP-системами (SAP, Oracle, Microsoft Dynamics);

Manufacturing Process Management це набір додатків системи Teamcenter, що забезпечує підтримку інженерних процесів, пов'язаних з технологічною підготовкою виробництва.

11. Управління розрахунковими даними - Simulation Process Management Simulation

Process Management - рішення, що забезпечує роботу розрахункових підрозділів в єдиному середовищі розробки виробу і підтримує зв'язок між конструкторськими і розрахунковими даними.

Розширення моделі даних містить набір додаткових об'єктів з відповідними атрибутами і відносини для забезпечення управління даними інженерних розрахунків:

- CAEGeometry - зберігає ідеалізовану модель, отриману асоціативним копіюванням вихідної конструкторської моделі. У ідеалізованій моделі геометрія змінюється для конкретного виду аналізу.

- CAEModel - містить звичайно-елементну сітку, побудовану на базі моделі, що ідеалізується зі збереженням асоціативного зв'язку.

- CAEAnalysis - управляє інформацією про конкретний розрахунковий випадок, в тому числі інформацію про навантаження, умов закріплення та інших вихідних даних для проведення розрахунку.

- CAESolution - містить результати виконаного розрахунку.

12. Експлуатація, сервісне обслуговування і ремонт - Maintenance, Repair & Overhaul

Teamcenter забезпечує даними сервісні підрозділи, які здійснюють післяпродажну підтримку виробу, а також забезпечує управління даними на етапі експлуатації конкретного екземпляра виробу. Teamcenter ліквідує інформаційний розрив між фахівцями підрозділів логістики, технічного обслуговування і проектування і допомагає уникнути помилок тим самим, забезпечуючи прибутковий розвиток компанії.

Управління даними про технічне обслуговування надає єдине джерело інформації про активи. А також можливість управляти різними (As-Designed, As-built, As-Maintained) конфігураціями фізичних активів (супроводжуваних виробів) і супутньої документації. Так само забезпечує зберігання історії супроводу виробу і його компонентів.

Teamcenter MRO (Maintenance, Repair and Overhaul) - один з напрямків інформаційної підтримки життєвого циклу виробу в частині управління процесами технічного обслуговування, експлуатації та ремонту (далі, TOiP) з метою підвищення ефективності наступних інженерних процесів:

- As-Built Management - управління структурою виробу «як виготовлено»;
- Service Management - управління структурою виробу в експлуатації;
- Service Event Management - управління сервісними подіями;
- Service Planning - планування складу робіт TOiP;
- Service Request Management - управління запитами на проведення TOiP;
- Service Scheduling - планування проведення TOiP;

В основі ідеології, реалізованої в Teamcenter MRO, закладено створення і управління віртуальними, нейтральними та фізичними структурами виробу.

Нейтральна структура являє собою узагальнену несеріалізовану структуру, створену на основі вже існуючої конструкторської, технологічної або будь-якої іншої структури виробу, і доповнену логістичною інформацією.

Фізична структура виробу - це екземпляр нейтральної структури, що відноситься до конкретного фізичного виробу, і доповнений логістичною інформацією, що відноситься тільки до цього виробу (серійний номер виробу, партія).

13. Звіти та аналітика - Reporting & Analytics Teamcenter

Reporting & Analytics - платформа для аналізу, перетворення, зберігання і доставки даних про виріб і зв'язкових з ним процесах. Модуль надає інструменти генерації запитів і звітів, а також кошти оперативної аналітичної обробки (OLAP). Підтримується можливість пакетної генерації регламентних звітів з подальшим розсиланням їх поштою або публікації на Web-сервер.

Простий у використанні web-інтерфейс дозволяє кінцевому користувачеві отримувати і обробляти дані на підставі бізнес-правил і з урахуванням розробленої моделі безпеки.

Інструменти побудови звітів оснащені багатими можливостями для графічного оформлення результатів: графіки, діаграми,

гістограми, таблиці. Підтримується безліч форматів для зберігання звітів: HTML, XML, PDF, Excel та інші.

Різні дані і показники можуть бути представлені у вигляді електронної інформаційної панелі (Digital Dashboard) з можливістю автоматичного оновлення інформації в реальному часі.

14. Засоби спільної роботи - Community Collaboration

Teamcenter Community Collaboration (TCC) - інструмент для побудови на базі web-технологій єдиного середовища взаємодії розподілених груп, віддалених підрядників, партнерів, замовників та інших учасників проекту. При цьому всі вони можуть перебувати в різних географічних зонах і працювати в різних інформаційних середовищах. Модуль TCC базується на додатку Microsoft Office SharePoint Server (MOSS). Основне призначення - забезпечити доступ до інформації, пов'язаної з проектом, як можна більшій кількості його учасників із застосуванням простих web-інструментів. Крім web-додатків надаються TCC, користувачі отримують можливість використовувати весь набір засобів MOSS (наприклад, бібліотеки документів, персональні web-сторінки, дискусійні форуми, модулі Wikipedia, опитувальники та інші) стосовно до даних, що зберігаються в Teamcenter.

15. Вбудована візуалізація - Lifecycle Visualization

Одним з найважливіших засобів Teamcenter, що забезпечує роботу з електронним макетом виробу є вбудована візуалізація. Необхідність в даному рішенні була визначена в результаті аналізу статистики використання CAD систем. З'ясувалося, що на одного користувача, що створює геометрію припадає понад 10 користувачів, які переглядають модель, використовують її для оформлення документів, проводять аналіз.

Вбудована візуалізація доступна практично у всіх додатках Teamcenter (Навігатор, Менеджер структури, Планувальник процесів складання, Класифікатор) і заснована на використанні формату JT. Головними перевагами вбудованої візуалізації є:

- Висока швидкість завантаження і управління 3D моделями.
- Низька, порівняно з CAD-системами, вимогливість до обчислювальних ресурсів комп'ютера.
- Простота в освоєнні і використанні.
- Відсутність необхідності використовувати додаткову ліцензію CAD-системи.

- Зручність роботи в одній системі - немає необхідності завантажувати ще один додаток для перегляду графічної інформації.

16. Сервіси розширення платформи - Platform Extensibility Services

Однією з найбільш сильних сторін Teamcenter є наявність вбудованих засобів розширення функцій системи - це інтерфейси до C і JAVA. Використання цих можливостей дозволяє підприємству не тільки розширювати функції системи в частині проектування та управління даними про виріб на всіх етапах його життєвого циклу, а й інтегруватися з використовуваними на підприємстві інформаційними системами. Це можуть бути:

- Системи проектування, інтеграція з якими не підтримується Teamcenter.

- Власні системи конструкторсько-технологічної підготовки виробництва.

- Системи управління виробництвом.

Наявність коштів розширення функцій системи, поряд з можливостями базових додатків, дозволяє використовувати Teamcenter як ядра єдиної інформаційної системи управління підприємством.

17. Платформа управління знаннями підприємства - Enterprise Knowledge Foundation

До складу Teamcenter входить кілька базових модулів і механізмів, що забезпечують загальні функції з управління даними - пошук, організацію персонального робочого простору, внесення змін та інші.

Список використаних джерел:

1. Teamcenter 9. The Backbone of the Collaborative Decision Support Platform. Siemens Product Lifecycle Management Software Inc. 2012. – 47р.

Тема 4

Автоматизація технологічної підготовки виробництва

Впровадження гнучкої технології (технології переналаджуваного виробництва) з широким використанням комп'ютерної техніки та переналаджуваних засобів автоматизації дозволяє швидко і ефективно перебудовувати технологічний процес (ТП) на виготовлення нових виробів. Останнє дуже актуально в умовах дрібносерійного і серійного виробництва, що переважає в машинобудуванні.

Технології, що застосовуються в автоматизованому виробництві, базуються на наступних принципах:

1. Принцип завершеності полягає в тому, що слід прагнути до виконання всіх операцій в межах однієї автоматизованої виробничої системи (АВС) без проміжної передачі напівфабрикатів в інші підрозділи або допоміжні відділення. Для реалізації принципу необхідні: забезпечення вимог по технологічності виробів; розробка нових уніфікованих методів обробки і контролю; розширення і обґрунтування типу обладнання АВС з підвищеними технологічними можливостями.

2. Принцип малоопераційних технологій полягає у формуванні технологічного процесу з максимально можливим укрупненням операцій, з мінімальним числом операцій і установок в операціях. Для реалізації принципу необхідні ті ж заходи, що і для принципу 1, а також оптимізація маршрутів і операційної технології, застосування методів автоматизованого проектування ТП.

3. Принцип «малолюдної» технології полягає в забезпеченні автоматичної роботи АВС в межах всього виробничого циклу. Для реалізації принципу необхідні: стабілізація відхилень входних технологічних параметрів АВС (заготовок, інструментів, верстатів, оснащення); розширення і підвищення надійності методів операційного інформаційного забезпечення; перехід до гнучких адаптивних систем управління (СУ) ТП із статистичною корекцією керуючих програм (КП).

4. Принцип «безналаджувальної» технології полягає в розробці ТП, які не потребують налагодження на робочих позиціях. Принцип особливо актуальний для широкономенклатурних АВС, він

близький до принципу 3. Для його реалізації необхідні ті ж заходи, що і для принципу 3.

5. Принцип активно-керованої технології полягає в організації управління ТП і корекції проектних рішень на основі робочої інформації про хід ТП. Коригувати можна як технологічні параметри, що формуються на етапі управління, так і вихідні параметри технологічної підготовки виробництва (ТПВ). Для реалізації принципу необхідні: розробка методів і алгоритмів адаптивного управління ТП; розробка методів статистичної корекції бази даних (БД) для створення АВС, які самонавчаються.

6. Принцип оптимальності полягає в ухваленні рішення на кожному етапі ТПВ і управлінні ТП на основі єдиного критерію оптимальності. Для реалізації принципу необхідні: розробка теоретичних основ оптимізації ТП; розробка алгоритмів оптимізації для умов роботи АВС; розробка спеціальних технічних, апаратних, програмних засобів реалізації зазначених алгоритмів. Принцип оптимальності створює єдину методичну основу вирішення технологічних задач на всіх рівнях і етапах, дозволяє виробити найбільш ефективне, однозначне і взаємопов'язані рішення зазначених завдань.

7. Принцип групової технології є фундаментальним для всіх АВС, так як саме він забезпечує «гнучкість» виробництва.

Методи типових (Соколовський А.П.) і групових (Митрофанов С.П.) технологій, що дозволяють звести до мінімуму індивідуальні технологічні розробки, широко використовують при автоматизації ТПВ.

Типізація ТП для подібних по конфігурації і технологічних особливостях груп деталей передбачає їх виготовлення за однаковими ТП, заснованим на застосуванні найбільш досконалих методів обробки і забезпечує досягнення найвищої продуктивності, економічності і якості. Основу типізації складають правила обробки окремих елементарних поверхонь і правила призначення черговості обробки цих поверхонь.

Типові ТП знаходять застосування головним чином у багатосерійному і масовому виробництві.

Принцип групової технології лежить в основі технології переналагоджуваного виробництва - дрібно- і середньосерійного. На відміну від типізації ТП при груповій технології загальною ознакою

об'єднання деталей у групи є спільність оброблюваних поверхонь і їх поєднань, тобто спільність обладнання, необхідного для обробки деталі або окремих її поверхонь. Очевидно, що до складу групи можна включати заготовки різної конфігурації і навіть різних типів.

У цьому сенсі поняття групи значно ширше поняття типу деталей, що є основою побудови типового процесу. Тому групові методи обробки характерні для обробки деталей з широкою номенклатурою.

Типізація ТП і метод групової технології є основними напрямками уніфікації технологічних рішень, що підвищує ефективність виробництва. Для їх реалізації необхідні класифікація деталей, відпрацювання їх конструкцій на технологічність з одночасною уніфікацією конструктивно-технологічних елементів (ТКЕ) цих деталей. Класифікацію деталей проводять з метою визначення груп технологічно однорідних деталей для їх спільної обробки в умовах групового виробництва. Виконують її в два етапи: первинна класифікація - кодування деталей обстежуваного провадження за конструктивно-технологічними ознаками; вторинна класифікація - групування деталей з однаковими або ознаками, що несуттєво відрізняються.

Склад ознак встановлюють з урахуванням особливостей аналізованого виробництва. При класифікації деталей потрібно враховувати наступні ознаки: конструктивні - відповідно до класифікатора ЕСКД; габаритні розміри, масу, матеріал, вид обробки і заготовки; число операцій обробки; точності та інші показники, що визначаються особливостями об'єктів дослідження. Отриману в результаті класифікації деталей інформацію формалізують і використовують для формування бази даних (БД) по об'єктах виробництва. Застосування інформаційних технологій дозволяє використовувати ці БД при виборі технології, основного і допоміжного обладнання, оснащення та інструменту. При цьому значне спрощення і здешевлення конструювання і виробництва машин за рахунок різкого скорочення типажу пристосувань, ріжучого і вимірювального інструментів, інструментальних налагоджень і використання типових технологічних модулів (модульної технології) можливо на основі уніфікації конструктивно-технологічних елементів (ТКЕ) деталей машин і параметрів точності.

Уніфікація елементів і їх параметрів повинна супроводжуватися ретельним аналізом функціонального призначення деталі і вузла, особливостей їх конструкції і експлуатації, технологічних можливостей виробництва, тобто уніфікація ТКЕ (зовнішніх циліндричних поверхонь, розточок, канавок, пазів і т. д.) повинна проводитися на стадії відпрацювання конструкцій виробів на технологічність.

Оцінка і відпрацювання конструкцій виробів на технологічність - один з найважливіших етапів технологічної підготовки виробництва, і особливо автоматизованого. Конструкція виробу вважається технологічною, якщо для його виготовлення і експлуатації потрібні мінімальні затрати матеріалів, часу і коштів. Тому деталі, що підлягають обробці в АВ, повинні бути прості за формою, габаритами, складатися зі стандартних поверхонь і мати максимальний коефіцієнт використання матеріалу. Деталі, що підлягають зборці, повинні мати якомога більше стандартних поверхонь, з'єднань, найпростіших елементів орієнтації складальних одиниць і деталей.

Оцінку технологічності проводять за якісними і кількісними критеріями окремо для заготовок, оброблюваних деталей, складальних одиниць.

Для підвищення надійності АВ необхідно максимально наблизити форму і розміри заготовки до кінцевої формою і розмірами деталі, тобто забезпечити досягнення мінімальних припусків на кожній операції.

Слід зазначити, що до теперішнього часу системи автоматизованого технологічного проектування залишаються продуктами, які полегшують працю технолога, але не автоматизують його в повному обсязі, тобто при цьому частина функцій виконує людина, а автоматичними є тільки окремі проектні операції та процедури.

Автоматизована система технологічної підготовки виробництва (АСТПВ - зарубіжний аналог СAPP (Computer Automated Process Planning) включає:

- автоматизоване проектування технологічного процесу,
- автоматизоване проектування технологічної оснастки,
- розробка керуючих програм для верстатів з ЧПУ.

Перш ніж використовувати програмні продукти (ВЕРТИКАЛЬ (АСКОН), TechnologiCS (Consistent Software Development), КОМПАС

- АВТОПРОЕКТ, TECHCARD та ін.), що застосовуються в АСТПВ, в них завантажують БД про верстати, оброблювані матеріали, ріжучі і допоміжні інструменти, технологічну оснастку та ін. Вони створюються на основі єдиної системи класифікації, кодування всієї сукупності інформації для того, щоб одними і тими ж БД могли користуватися і технологи, і конструктори.

Всі служби підприємства використовують одну і ту ж загальну нормативно-технічну інформацію, що міститься в базах даних. Електронні довідники застосовуваних матеріалів, комплектуючих, покупних виробів, наявного обладнання, інструменту та засобів оснащення - причому і покупних, і власного виробництва в системі називаються номенклатурними довідниками або номенклатурою. Використання єдиних номенклатурних довідників дозволяє забезпечити коректність і актуальність електронної інформації при її використанні на всіх стадіях - від проектування виробу до відстеження видачі матеріалів цехам і контролю виготовлення продукції.

Вся інформація, що зберігається в базі даних довідника, має ієрархічну структуру, представлену для користувача у вигляді дерева. Всі об'єкти БД класифіковані, тобто кожен розділ класифікатора утворює гілка дерева довідника. Класифікатор потрібен для угруповання, що зберігається в довіднику номенклатури за певними ознаками і зручності роботи з довідником.

Основні електронні технологічні документи, з якими працює технолог, який використовує САПР ТП є електронна специфікація і електронна технологія виготовлення. Електронна специфікація і технологія виготовлення, приєднуються до номенклатурних позицій довідників. Щоб відокремити загальні номенклатурні довідники від специфікацій і технологій для організації, зберігання і доступу до інформації використовують окремі БД специфікацій і технологій.

Електронні техпроцеси залежать від вимог до технологічної документації на конкретному підприємстві і класифікуються за наступними критеріями:

1. За ступенем подробиці технологічної інформації розрізняють:
 - маршрутний техпроцес;
 - операційна технологія.

У маршрутному техпроцесі вибирають і нормують матеріал заготовки, розробляють технологічний маршрут, вказують операції і

устаткування. Вносяться пояснюючі коментарі та інформація про застосування спеціального оснащення. Пронормована трудомісткість.

У серійному виробництві активно використовуються операційні технологічні процеси, де операції розписуються по технологічних переходах, із зазначенням режимів обробки, ріжучого, вимірювального і допоміжного інструменту, активно застосовуються операційні ескізи.

2. За кількістю об'єктів, на які складається техпроцес, технологічна документація, що випускається з використанням системи може бути:

- зведеної (по виробу, на замовлення і т. п.);
- подетальної.

«Зведений» техпроцес дозволяє вивести на екран і склад виробу (повний перелік складальних одиниць і деталей, що в нього входять), і основну інформацію з відповідних електронних технологічних процесів. Таким чином, на екрані буде відображена зведена технологія відразу на всі входні в виріб деталі і складальні одиниці.

3. В залежності від просторової реалізації ТП розрізняють:

- поцеховий, представлений у вигляді комплектів документів для цеху або для конкретної технологічної операції;
- наскрізний, що включає в себе всі технологічні операції виготовлення виробу, що виконуються у всіх цехах.

Для зручності роботи користувачів єдиний електронний техпроцес може зовні представлятися і як наскрізна технологія, і як набір об'єднаних технологічних маршрутом технологічних процесів для окремих цехів. САПР ТП може однаково успішно використовуватися:

- для швидкої розробки та нормування спрощених маршрутних технологічних процесів силами кількох технологів (що актуально для невеликих підприємств, дослідних виробництв, одиничного виробництва і т. д.);

- для повномасштабної поетапної технологічної підготовки силами різних відділів і бюро, включаючи розробку і узгодження маршрутів, розробку технологічних процесів для цехів, визначення потреби, замовлення, проектування, випуск та впровадження засобів оснащення і т. д.

При редагуванні електронний ТП в лівій частині екрана показаний у вигляді дерева, яке представляє склад та ієрархію операцій, переходів, оснащення та інших об'єктів, що становлять технологічний процес виготовлення, таких як порядковий номер операції в наскрізному ТП, номер цеху (ділянки), де виконується операція.

«Коренем» дерева ТП завжди є деталь (складальна одиниця).

Дерево ТП зручно використовувати для навігації по техпроцесу, а також для зміни послідовності операцій і переходів методом їх простого «перетягування» мишею.

У правій частині екрану представлена більш детальна інформація про техпроцес виготовлення деталі, що включає технологічні операції, обладнання, на якому вони виконуються, переходи, інструмент та засоби оснащення, режими, нормування.

Номенклатурні позиції дерева ТП повного техпроцесу:

- матеріал;
- розцеховки;
- інструмент і оснащення;
- операції;
- переходи;
- обладнання.

Технологічний процес формується шляхом поелементного додавання позицій з номенклатурних довідників. Під поелементному додаванню розуміється наступне: за одне звернення до номенклатурного довідника додається одна номенклатурна позиція нижче виділеної позиції дерева ТП. Наприклад, якщо виділена позиція - «операція 1», то буде додана з довідника в дерево ТП наступна за нею по порядку «операція 2». Як правило, рішення про вибір тієї чи іншої позиції з номенклатурних довідників, приймається самим користувачем, в ході технологічного проектування. Це пов'язано з тим, що визначення складу і структури техпроцесу відноситься до важко формалізованих і різноманітних завдань.

В САПР ТП реалізується розробка основних видів ТП, таких як типовий, груповий, одиничний (індивідуальний) ТП. Щоб отримати засобами САПР ТП зазначені види ТП використовуються різні методики, засновані як на процедурі аналізу (визначення властивостей об'єкта за його описом і виборі об'єкта серед безлічі інших), так і процедурі синтезу (створення об'єкта за його описом). При аналізі

підбираються типовий або груповий ТП за кодом класифікатора деталі.

Сучасні САПР ТП більшою мірою орієнтовані на метод аналізу, ніж на синтез. Це пов'язано з тим, що обсяг аналізованих ТП накопичується в міру роботи з САПР ТП, і в процедуру аналізу може бути залучений технолог в режимі діалогу.

Метод синтезу використовується рідко, оскільки проблеми необхідні для його програмної реалізації поки не вирішені в повній мірі.

Метод аналізу базується на типізації та використанні типових рішень.

Типові рішення - це основа формалізації для вирішення завдань неформального характеру при проектуванні технологічних процесів за допомогою ЕОМ. Типізація базується на використанні при проектуванні ТП попередньо розроблених методів уніфікованих типових і групових ТП. Однак, рішень, придатних до вихідних даних за умовами застосовності, як правило, більше одного, а реалізовано у виробництві повинно бути одне і найоптимальніше.

Залежно від повноти реалізації можливостей синтезу та аналізу методики проектування можна умовно розділити на дві групи:

- діалогові:

- пряме проектування;
- проектування ТП з типових технологічних блоків;
- проектування індивідуального ТП на основі аналізу уніфікованого ТП;

- автоматичні:

- синтез ТП.

При діалоговій методиці всі визначальні рішення технолог приймає самостійно, а САПР ТП надає йому інформаційну підтримку, організовуючи доступ до необхідних довідників, розрахункових програм.

Методика прямого проектування надає технолог-проектувальнику наступні можливості:

- набір і коректування текстового вмісту технологічного переходу в спеціалізованому технологічному редакторі (набір, копіювання, перенесення, видалення);

- виконання технологічних розрахунків;

- звернення до номенклатурних довідників (пошук типів і позначень засобів виробництва, типових текстів та іншої інформації, пошук проектних рішень в нормативних таблицях) і їх копіювання в ТП;

- документування окремих проектних документів і комплектів документів на виріб;

- робота із загальним архівом технологічних документів.

Напрямок прямого проектування покладено в основу автоматизованої розробки одиничних технологічних процесів. Цей напрямок є універсальним. Воно може бути застосовано для будь-якого типу виробництва і будь-яких деталей різних класів, стандартних, нормалізованих і оригінальних, з різним ступенем нормалізації і уніфікації оброблюваних поверхонь. В цілому цей варіант є найбільш звичайний процес розробки ТП і мало відрізняється від написання вручну. Час економиться на те, що текст переходів в тій чи іншій мірі вже присутній в базі даних, але вибір стратегії обробки, обладнання та інструменту, залишається в руках технологів.

Для виконання функцій методики проектування на основі типових блоків використовуються всі функції методики прямого проектування. Крім цього методика проектування з типових блоків надає технологу можливість формування електронної технології з окремих фрагментів ТП, що зберігаються в окремій БД. Користувач приймає проектне рішення, вибираючи найменування типового блоку з БД. Якщо в групі одиничних ТП можна виділити повторюваний фрагмент ТП і існує потреба тиражування цього фрагмента в наступних електронних технологіях, то має сенс виділити його як типовий блок. У типовий блок виділяють окремі операції, які найбільш часто зустрічаються, або поєднання операцій, переходів. Типовому блоку дається найменування, щоб можна було його ідентифікувати (якщо блоків багато, то присвоюють код) і зберегти під ним в архіві технологічних блоків. Дана методика застосовується поряд з методом прямого проектування в тих випадках, коли розробка типових технологічних процесів або не виконана, або недоцільна через велику трудомісткість.

Метод аналізу виходить з того, що структура одиничного ТП НЕ створюється заново, а визначається відповідно до складу і структури одного з уніфікованих ТП (типового, групового), або ТП - аналога на

основі аналізу необхідності входження в одиничний ТП кожної операції і технологічного переходу, з послідовним уточненням всіх рішень зверху вниз. Таким чином, метод втілює ідею «від загального до конкретного». Метод аналізу є основним методом проектування ТП при експлуатації гнучких виробничих систем. Застосування цього методу дає найбільший ефект при впровадженні на виробництві групових і типових ТП, т. к. метод не порушує існуючої спеціалізації виробничих підрозділів, спрощує процес проектування.

При роботі за методикою автоматичного проектування технолог приймає тільки рішення, пов'язані з ідентифікацією деталі, а також введення основних параметрів деталі і деяких технологічних відомостей. Всі необхідні технологічні рішення і розрахунки параметрів ТП приймає ЕОМ. В результаті виходить документ, який технолог може переглянути і при необхідності внести зміни, використовуючи одну з методик діалогового проектування.

Метод синтезу, при своїй програмній реалізації, дозволяв би виконувати повністю автоматичне проектування ТП механічної обробки. При цьому автоматично виконувалося б формування структури і змісту ТП, операцій, переходів, розраховувалися параметри ТП (режими різання, норми часу і т. п.). Однак програмна реалізація методики синтезу стосовно проектування ТП в даний час обмежується локальними рішеннями. Одним з таких рішень є формування операцій ТП з планів ТКЕ. Плани обробки ТКЕ можна автоматично формувати по налаштованим логічним умовам вибору з довідкових БД, тобто під певний склад ТКЕ, що описує геометрію поточної деталі, ми можемо мати деяку автоматично синтезовану технологічну основу для подальшого редагування. Тут мова поки не йде про синтез готового техпроцесу, що не потребує подальшого доопрацювання та оптимізації. При реалізації методу синтезу для формування фрагмента технологічного процесу обробки будь-якого елемента деталі необхідно наступне:

- вибрати необхідний елемент з бібліотеки ТКЕ;
- вказати значення параметрів обраного ТКЕ (наприклад, для наскрізного отвору слід ввести його діаметр, глибину і необхідну шорсткість поверхні);
- автоматично «отримати план обробки». На основі заданих параметрів система автоматично згенерує можливі плани обробки

ТКЕ у вигляді послідовності переходів із зазначенням необхідного інструменту та пристосувань;

- вибрати, один із запропонованих системою планів обробки, для вставки в техпроцес.

Повнофункціональну алгоритмічну підтримку бібліотеки ТКЕ забезпечує Майстер формування планів обробки ТКЕ. Модель деталі створюється з базових форм (типових виступів, отворів, ребер і т. д.) з певною орієнтацією і прив'язкою, в явному вигляді вона представлена чисельно, цих даних цілком достатньо для призначення коду без участі людини і автоматично обробляти цей код, як запис в таблиці бази даних.

Фінальна частина автоматизованого проектування полягає в формуванні звіту. У більшості САПР ТП необхідно виконати додаткові перетворення технологічної інформації, що зберігається в розробленому електронному ТП, щоб вивести її на друк у вигляді документа необхідної форми і, що відповідає поточним потребам виробництва. Такі перетворення реалізуються процедурами СУБД (системою управління базою даних) і називаються формуванням звіту. Інформація електронного ТП, отримана в ході проектування, що зберігається у вигляді БД, заноситься в карту, розмінену за певним макетом. Під картою розуміється опис документа, що дозволяє увявити електронний ТП в стандартній формі відповідно до вимог ЕСТД, і виконати друк у вигляді бланка.

Для виконання операцій обробки, збирання і контролю використовують різні верстатні пристосування. Автоматизація їх проектування передбачає:

- істотно знизити витрати матеріальних засобів і часу на проектування і виготовлення оснастки;
- значно скоротити цикл підготовки виробництва виробів, що оснащуються і знизити їх собівартість;
- підвищити рівень нормалізації конструкцій пристосувань;
- поліпшити якість проєктованих конструкцій і одержуваної при цьому технічної документації;
- домогтися алгоритмічної стабілізації створених конструкцій і технологічних рішень при їх виготовленні;
- забезпечити можливість швидкого отримання достовірної інформації для якісного управління виробництвом пристосувань і створення в ньому на цій основі системи наукової орієнтації праці;

- розширити сферу застосування верстатів з ЧПУ при виробництві пристроїв;
- підвищити ступінь оснащення виробничих процесів, особливо в дрібносерійному виробництві.

Процеси проектування верстатних пристосувань являють собою одну з різновидів інформаційних процесів, що мають місце в машинобудівному виробництві. Вони по-різному проявляються при розробці універсальних, універсально-переналагоджуваних і спеціальних пристосувань. Найбільш інформаційноємкими є процеси проектування спеціальних верстатних пристосувань.

Між параметрами деталі, що оснащується і формованим технологічним оснащенням існує інформаційно-функціональний взаємозв'язок. Аналогічні взаємозв'язки існують також між технологічними рішеннями по виробництву деталі і інформаційними моделями цієї деталі. Все це створює передумови для комплексної автоматизації: деталь - технологічний процес виготовлення деталі - проектування і виготовлення технологічного оснащення - виготовлення деталі. У зв'язку з цим при автоматизації проектування пристосувань і був визначений метод побудови технологічного оснащення на базі інформаційної моделі, що отримала назву синтезу конструкцій.

В основу цього методу покладено такі принципи:

1. Інформація, що описує конструкцію пристосування, є результатом переробки відомостей про деталі, що оснащуються і технологічні операції її виготовлення.
2. Для конструкції будь-якого пристосування існує можливість її декомпозиції на певне число складових - конструктивних елементів.
3. Конструкція будь-якого пристосування може бути синтезована з певного числа конструктивних елементів.
4. Конструктивні елементи відрізняються властивостями і характеристиками, які можна представляти в ЕОМ.
5. Між елементами в конструкції існують кілька модельованих відхилень, загальних для всіх пристроїв.
6. У кожному конструктивному елементі як різновиду твердого тіла можна зафіксувати його положення для визначення значень позиційних відносин між елементами.

Порядок проектування при автоматизованому проектуванні наступний.

У комп'ютер вводиться опис оброблюваної деталі і верстатної операції, що оснащується, на основі чого автоматично будується цифровий інформаційний опис проєктованого пристосування у вигляді відповідних цифрових масивів. Управління передається блоку складання специфікацій, результати роботи якого видаються на принтер у формі документа, визначеного стандартами ЕСКД. Потім виконуються роботи по формуванню програм креслення при отриманні складального і робочих креслень конструкції. Процес завершується технологічною підготовкою виробництва пристосування і складанням програм для верстатів з ЧПУ.

Підготовка керуючих програм включає наступні основні етапи.

Етап I. Розробка технології автоматичної обробки:

1) проєктування маршрутного технологічного процесу обробки, який представляють в вигляді послідовності операцій з вибором ріжучих і допоміжних інструментів, верстатних пристосувань, з розробкою технічних умов на вихідну заготовку;

2) розробка операційного технологічного процесу з розрахунком (або призначенням) режимів різання, з побудовою траєкторій руху ріжучих інструментів;

Етап II. Програмування процесу обробки:

3) розрахунок координат опорних точок траєкторії руху ріжучих інструментів;

4) складання розрахунково-технологічної карти;

5) розробка карти наладки верстата;

6) кодування інформації - формування кадрів УП з їх ручним записом у вигляді тексту або таблиці;

7) нанесення інформації на програмоносії;

Етап III. Налагодження і редагування керуючих програм.

8) контроль програми і виправлення помилок.

На першому етапі технологу доводиться складати складні розрахунково-технологічні карти. Трудомісткість цього етапу досягає 30% від загальної трудомісткості.

Ці карти містять повну інформацію про виконувану обробку у вигляді траєкторії руху інструменту за програмою, перелік всіх команд з управління верстатом і кількісні значення переміщень, швидкостей і подач, розмір інструменту (наприклад, діаметр фрези) і його номер, ціну імпульсу на переміщення інструменту по осях координат, точність апроксимації криволінійних ділянок, час розгону і

гальмування робочого органу верстата в кінці кожної ділянки траєкторії. У неї записують ділянки траєкторії з їх характеристикою (пряма, дуга окружності), вказують координати опорної точки кінця ділянки, подачу інструменту на даній ділянці і частоту обертання шпинделя. Крім опорних в дану карту заносяться контрольні точки, в яких передбачається короткочасна зупинка інструменту для перевірки відпрацювання програми робочими органами верстата. Помилки і пропуски даних в розрахунково-технологічних картах не допускаються. Структура і форма цих карт поки не мають єдиного зразка.

У виробничих умовах при розробці технологічних процесів технологічна документація в залежності від способу підготовки керуючих програм різна. Комплект документації на операцію може містити маршрутну карту, операційну карту, операційний ескіз, карту наладки і карту настройки інструменту, карту кріпильної оснастки, схему поєднання координат, анкету інструменту.

Розрізняють два основні методи підготовки керуючих програм: ручний і автоматизований. При ручному методі підготовка і контроль УП здійснюється в основному без застосування ЕОМ. При цьому всі перетворення при описі креслення деталі, розробку алгоритму її обробки, а також представлення програми в кодованому вигляді здійснює технолог програміст або оператор верстата при роботі з оперативними системами числового програмного керування.

Ручний метод підготовки програм - трудомісткий процес навіть при використанні мікрокалькуляторів, не виключає можливості появи помилок, тому його застосовують на підприємствах в наступних випадках:

- при виготовленні порівняно простих по конфігурації деталей, коли трудомісткість підготовки програм вручну порівнянна з трудомісткістю підготовки вихідних даних для розрахунків на ЕОМ;
- при тривалому часу обробки заготовки;
- при малому досвіді експлуатації верстатів з ЧПУ;
- для навчання обслуговуючого персоналу.

У загальному випадку для виконання ручного програмування необхідні:

- креслення деталі з технічними вимогами, на її виготовлення;
- керівництво по експлуатації верстата;

- інструкція з програмування для пристрою ЧПУ на даному верстаті;
- каталог ріжучого інструменту з настроювальними розмірами;
- нормативи режимів різання.

Результатом ручного програмування є умовна текстова або таблична запис кадрів керуючої програми. Ці кадри набираються на пульті УЧПУ.

Автоматизація програмування з використанням ЕОМ дозволяє значно прискорити підготовку і знизити вартість керуючих програм. Найбільш широке, застосування знайшли системи автоматизованої підготовки програм для фрезерних верстатів при обробці деталей зі складними криволінійними поверхнями. Це пов'язано з тим, що обсяг обчислень при підготовці таких програм настільки великий, що він практично може бути виконаний тільки на ЕОМ.

Однією з перших систем автоматизації підготовки програм за допомогою ЕОМ була універсальна система АРТ (США). Пізніше були розроблені системи більш вузького призначення ЕХАРТ (ФРН), АУТОПРО6 (ЧССР), 2С і 2СL (Англія), ІFАРТ (Франція), САП, СППС, СПТС (СРСР). Ці системи не вимагали великих ЕОМ, менш громіздкі і краще пристосовані для вирішення конкретних завдань. Багато систем розроблялися для окремих груп верстатів, наприклад, в СРСР прикладом можуть служити розроблені в ЕНІМС системи для: токарних (СПС-Т), фрезерних (СПС-Ф), верстатів свердлильно - розточної групи (СПС-М).

Автоматизація підготовки керуючих програм для верстатів з програмним керуванням пов'язана, в основному, з розробкою єдиної системи вузько орієнтованих мов для опису геометрії деталей і проектування технології їх обробки за допомогою ЕОМ. Крім того, необхідна спеціальна периферійна апаратура для універсальних ЕОМ, що дозволяє прискорити налагодження підготовлених програм. Єдина система математичного забезпечення необхідна і для систем безпосереднього управління групами верстатів від єдиної ЦЕВМ.

Розробка керуючих програм в даний час виконується з використанням спеціальних модулів для систем автоматизованого проектування (САПР) або окремих систем автоматизованого програмування (САМ), які по електронній моделі генерують програму обробки. Прикладами реалізації керуючих програм для верстатів з

ЧПУ можуть служити системи Power Solution, EdgeCAM, MasterCAM, ShopTurn і ShopMill та ін.

Список використаних джерел:

1. Автоматизація виробничих процесів /І.В.Ельперін, О.М.Пупена, В.М.Сідлецький, С.М.Швед. —Київ: Ліра-К, 2021. — 378с.
2. Невлюдов, І.Ш. Виробничі процеси та обладнання об'єктів автоматизації [Текст]: Підручник для студентів вищих навчальних закладів / І. Ш. Невлюдов. Кривий Ріг: Криворізький коледж НАУ, 2017. – 444 с.

Тема 5

Устаткування автоматизованого виробництва

Технології, розроблені для виготовлення деталей в автоматизованому виробництві, реалізуються на металорізальних верстатах, обраних з урахуванням нормування і продуктивності (Q).

$$Q = \frac{60}{T_{шт-к}} \quad (4.1)$$

де $T_{шт-к}$ - штучно-калькуляційний час, хв.

Технічне нормування має на меті встановлення норм витрат робочого часу на виробництво одиниці продукції в умовах найбільш повного використання наявної техніки і обладнання, застосування прогресивних технологічних режимів і ефективної організації праці.

Час на виготовлення однієї деталі в серійному виробництві ($T_{шт-к}$) розраховується за формулою:

$$T_{шт-к} = T_o + T_e + T_{обсл} + T_{отд} + \frac{T_{нз}}{N} \quad (4.2)$$

де T_o - основний (технологічний) час, хв .;

T_d - допоміжний час, хв .;

$T_{обсл}$ - час обслуговування робочого місця, хв .;

$T_{від}$ - час перерв на відпочинок і природні потреби, хв .;

$T_{пз}$ - підготовчо-заклучний час, хв .;

N - число деталей в партії, шт.

Основний час

$$T_o = \frac{L}{n \cdot S} \quad (4.3)$$

де L - довжина ходу інструменту при різанні, мм;

n - частота обертання шпинделя, об / хв;

S - подача, мм / об.

Допоміжний час

$$T_v = T_{уст} + T_{под} + T_{см} + T_{ук} + T_{изм} \quad (4.3)$$

де $T_{уст}$ - час на установку і зняття деталі, хв;

$T_{под}$ - час на підведення і відведення інструменту, хв;

$T_{зм}$ - час на зміну інструменту, хв;

$T_{вкл}$ - час на включення і виключення верстата, хв;

$T_{вим}$ - час на вимірювання деталі, хв.

Час організаційного і технічного обслуговування верстата $T_{обсл}$, і час на відпочинок і особисті потреби $T_{від}$ визначаються у відсотках від оперативного часу, що складається з основного часу і допоміжного:

$$T_{обсл} + T_{отд} = 15\%(T_o + T_v) \quad (4.4)$$

Підготовчо-заклучний час $T_{пз}$ (час на підготовку робітників і засобів виробництва до виконання технологічної операції і приведення їх у первісний стан після її закінчення (отримання матеріалів, інструментів, пристосувань, технологічної документації, наряду на роботу, ознайомлення з роботою, технологічною документацією, кресленням, отримання інструктажу; установка інструментів, пристосувань; налагодження устаткування; зняття пристосувань і інструмента; здача готової продукції, залишків матеріалів, пристосувань, інструменту, технічної документації) визначається за нормативами.

Аналіз складових штучно-калькуляційного часу показує, що напрямки підвищення продуктивності в першу чергу пов'язані зі зниженням оперативного часу, за рахунок використання нових матеріалів інструментів, що дозволяють працювати з великими швидкостями різання, концентрації операцій і використання спеціальних приводів для рухів подачі і зміни інструменту. Створення автоматизованого обладнання починалося від верстатів з ручним керуванням, переходячи до напівавтоматів, автоматів, агрегатних верстатів, автоматичних ліній, верстатів з ЧПК і гнучких виробничих систем.

Ступінь автоматизації устаткування, яке застосовують, залежить від типу виробництва, яке визначає частоту переналагодження

верстатів. Залежно від цього верстати класифікуються за ступенем універсальності і автоматизації.

За ступенем універсальності вони можуть бути універсальні, спеціалізовані і спеціальні.

Універсальні верстати призначені для обробки деталей широкої номенклатури в одиничному і дрібносерійному виробництві. Для цих верстатів характерний широкий діапазон регулювання швидкостей і подач. До універсальних верстатів відносяться токарні, токарно-гвинторізні, токарно-револьверні, свердлильні, фрезерні, стругальні та ін. (Як з ручним керуванням, так і з ЧПК).

Спеціалізовані верстати використовують для обробки однотипних деталей, подібних за формою, але тих, що відрізняються розмірами. До них відносяться верстати для обробки труб, муфт, колінчастих валів, а також зубо - та різьблення-обробні, токарно-потилічні та ін. Для спеціалізованих верстатів характерна швидке переналадження змінних пристроїв і пристосувань; вони застосовуються в серійному і великосерійному виробництві.

Спеціальні верстати служать для обробки деталі одного найменування і розміру; їх застосовують у великосерійному і масовому виробництві.

Верстати спеціальні та спеціалізовані зазвичай використовуються в автоматичних лініях.

За ступенем автоматизації верстати можуть бути з ручним керуванням, напівавтомати і автомати.

У верстатах з ручним керуванням процес різання здійснюється автоматично, а всі допоміжні прийоми роботи (пуск і зупинення верстата, перемикання швидкостей і подач, підведення і відведення інструментів, завантаження верстата заготовками і розвантаження оброблених деталей, та ін.) виконує робітник.

Напівавтомати - верстати, що працюють за заданим автоматичним циклом. Робочий або наладчик, обслуговуючий верстат, виробляє його первинну наладку, в процесі роботи встановлює і знімає оброблювані деталі, перевіряє їх якість, включає верстат для повторення циклу обробки.

Автомати - верстати, у яких автоматизовані всі робочі і допоміжні (холості) рухи. Наладчик виробляє первинну наладку верстата, а в процесі роботи - контроль і підналадку.

Для автоматизації обробки на металорізальних верстатах використовують механічні бази або системи числового програмного керування (ЧПК).

Верстати з механічною базою автоматизації продуктивні і надійні в експлуатації. Однак на їх переналагодження витрачається багато часу. Тому автомати з механічною базою автоматизації використовують, як правило, в умовах масового виробництва, а напівавтомати - в умовах серійного і великосерійного виробництва. Верстати, автоматизовані системами ЧПК, дозволяють проводити швидко переналагодження за рахунок зміни програми і тому застосовуються найчастіше в серійному виробництві.

Механічна база автоматизації реалізується у вигляді кулачкових приводів для управління робочими рухами верстатів. З їх допомогою забезпечують переміщення супортів з інструментами, перемикання частоти обертання шпинделя, зміна напрямку його обертання. Кулачки виготовляють у вигляді циліндричних або дискових деталей (рис.4.1) з криволінійними поверхнями, які є програмоносієм для управління виконавчими органами. Дискові кулачки застосовують для переміщення в площинах, перпендикулярних осі обертання кулачка. Циліндричні кулачки використовують для переміщень в площинах, паралельних осі обертання кулачка або проходять через цю вісь.

Профіль кулачка забезпечує лінійне переміщення супорта з інструментом на необхідну довжину обробки. Для кожного типорозміру деталей виготовляють свої кулачки, які встановлюються і закріплюються на розподільному валу. За один оборот розподільного вала виконується цикл обробки, що включає як рух різання, так і допоміжні.

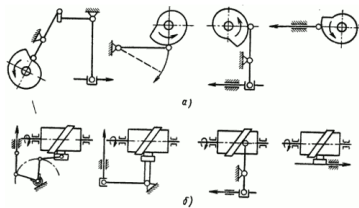


Рис. 4.1. Кулачкові приводи: а - з дисковими кулачками; б - з циліндричними кулачками.

У промисловості широке застосування отримали одношпиндельні і багатшпиндельні автомати і напіваавтомати для точіння деталей складної форми з прутка і штучних заготовок.

Серед одношпиндельних токарних пруткових автоматів можна виділити:

- фасонно-відрізні,
- фасонно-поздовжнього точіння,
- токарно-револьверні.

Фасонно-відрізні автомати є високопродуктивними верстатами, які застосовують у великосерійному і масовому виробництві для виготовлення з прутка (або бунту) коротких деталей простої форми (рис. 4.2). Пруток 2 закріплюється в обертовому шпинделі за допомогою цангового патрона 3. Обробка ведеться фасонним різцем 7 і відрізним різцем 4, закріпленими в супортах 1 і 5, які переміщуються тільки в поперечному напрямку. Задана довжина деталі забезпечується висуненням прутка до рухомого упору 6. Деякі моделі фасонно-відрізних автоматів мають поздовжній супорт для свердління отворів. Поздовжній профіль деталі залежить від форми ріжучої кромки різця 7.

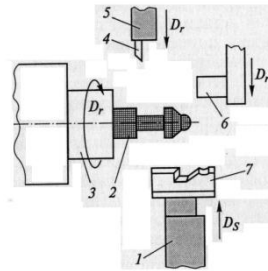


Рис. 4.2. Схема обробки заготовки на фасонно-відрізному автоматі
1, 5 - супорт; 2 - заготовка; 3 - цанговий патрон; 4, 7 різці; 6 - рухливий упор;
 D_r - головне рух; D_s - рух подачі.

Автомати фасонно - поздовжнього точіння призначені для виготовлення з прутка високоточних деталей великої довжини і малого діаметра (рис. 4.3) в умовах масового виробництва. Обробка проводиться нерухомими (при обробці циліндричних поверхонь)

різцем або різцями 5, 6, 8, 10 і 12, які поперечно переміщуються (при обробці фасонних поверхонь), закріпленими в супортах 7, 9, 11 і 13, при поздовжньому русі подачі $D_{спр}$ обертового прутка 4. Обертальний головний рух Dr_1 і рух подачі $D_{спр}$ прутка здійснюється шпинделем 16 і шпиндельною бабкою 3 відповідно.

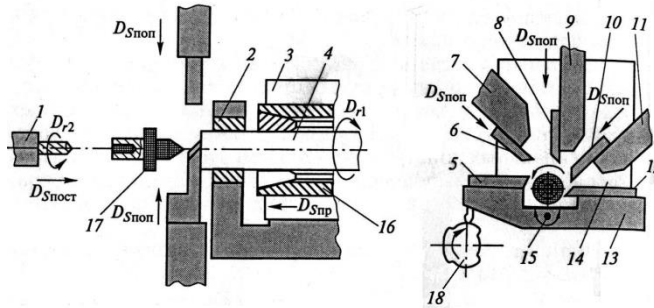


Рис. 4.3. Схема обробки заготовки на автоматі поздовжнього точіння:

1 - пристосування; 2 - люнет; 3 - шпиндельна бабка; 4 - заготівля (пруток); 5, 6, 8, 10, 12 - різці; 7, 9, 11, 13 - супорти; 14 - супортна стійка; 15 - вісь; 16 - шпиндель; 17 - оброблена деталь; 18 - кулачок; $D_{спост}$, $D_{спр}$, $D_{спост}$ - поперечний, поздовжній і поступальний рухи подачі відповідно; Dr_1 , Dr_2 - обертальний головний рух за годинниковою стрілкою і проти годинникової стрілки відповідно.

Для зменшення прогину і вібрації прутка під дією сил різання його передній кінець пропускається через люнет 2, закріплений на супортній стійці 14. На стійці змонтовані три вертикальних супорта 7, 9 і 11. Супорт 13 балансірного типу несе два різці 5 і 12 і здійснює від кулачка 18 рух, що гойдається, навколо осі 15. Поєднання поздовжнього $D_{спр}$, і поперечного $D_{спр}$ переміщень різця дозволяє отримати на заготівлі задані фасонні поверхні. Відрізний різець в кінці робочого ходу (після відрізки обробленої деталі 17) при подальшому розтисканні цангового патрона і відході шпиндельної бабки в положення, відповідне початку циклу обробки наступної заготовки, служить упором для прутка.

Обробка центрального отвору (свердління, розгортання, нарізування різьблення мітчиком), а також нарізування зовнішньої різьби плашкою проводиться за допомогою двох-або трьох-

шпиндельних пристосувань 1, які можуть здійснювати незалежні поступальний рух D_{spost} і обертальний D_{r2} .

Токарно-револьверні автомати застосовуються в умовах великосерійного і масового виробництва для обробки складних за формою деталей із застосуванням декількох послідовно або паралельно працюючих інструментів (рис. 4.4). Для розміщення великої кількості інструментів, необхідних для обробки таких деталей, ці автомати оснащені поздовжнім супортом 5 з шестипозиційною револьверною головкою 4, кількома поперечними супортами 8 (переднім і заднім) і одним (двома) верхнім 3. На відміну від автоматів поздовжнього точіння шпиндельна бабка 1 токарно-револьверного автомата встановлена на станині жорстко і поздовжнього переміщення не робить. При нарізуванні різьблення необертвовим інструментом, закріпленому в револьверній голівці, шпиндель 2 автомата обертається в двох напрямках: за годинниковою стрілкою D_{r1} (для згвинчування інструменту) і проти годинникової стрілки D_{r2} (при нарізанні різьби). Після відрізки обробленої деталі і розтиску цангового патрона пруток 7 подається до упору 6, що обмежує величину його переміщення. Інструменти, розміщені на супортах і в револьверній голівці, можуть працювати як послідовно, так і паралельно. Для підвищення продуктивності можлива установка в одній позиції револьверної головки багатоінструментального налагодження.

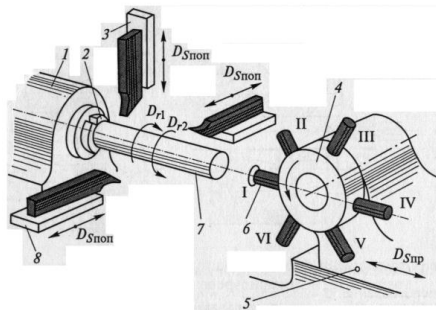


Рис. 4.4. Схема обробки на токарно-револьверному автоматі:

1 - шпиндельна бабка; 2 - шпиндель; 3 - верхній супорт; 4 - револьверна головка; 5 - поздовжній супорт; 6 - упор; 7 - пруток; 8 - поперечний супорт; I-VI - позиції револьверної головки.

Багаторізеці токарні напівавтомати застосовують для чорнової обробки східчастих валів в великосерійному і серійному виробництві.

Схема роботи багаторізецевого напівавтомата приведена на рис. 4.5. Заготівлю 2 одночасно обробляють кілька працюючих різців, встановлених на поздовжньому 12 і поперечному 3 супортах. Одночасна участь в роботі великого числа різців, кожен з яких обробляє свою ділянку заготовки, дозволяє отримати деталі заданих форм і розмірів шляхом найпростіших і коротких циклів роботи супортів і, отже, значно скоротити час обробки.

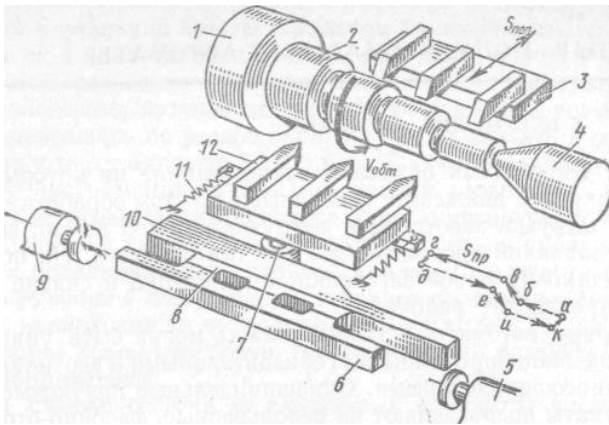


Рис. 4.5. Схема роботи багаторізецевого напівавтомата

Верстати мають напівавтоматичний цикл роботи. Знімання деталі, установку заготовки, її затиск в патроні або в центрах передньої 1 і задньої 4 бабок, а також пуск напівавтомата виробляють вручну. Підведення супортів з різцями, обробка заготовки, повернення супортів в початкове положення і зупинка напівавтомата виробляються автоматично.

Токарні копіювальні напівавтомати застосовують для чорнової і чистової обробки східчастих валів в великосерійному виробництві.

Принцип роботи копіювальних напівавтоматів показаний на рис. 4.6.

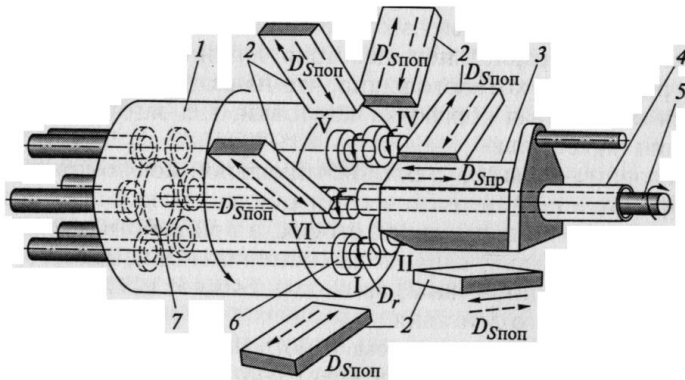


Рис. 4.7. Схема роботи горизонтального шестишпindelного пруткового автомата послідовної дії:

1 - шпиндельний блок; 2 - поперечні супорти; 3 - поздовжній супорт; 4 - центральна гільза; 5 - приводний вал; 6 - шпинделі; 7 - центральне зубчасте колесо; I, II, IV, V, VI- позиції шпинделів при обробці.

На таких автоматах в кожній позиції проводиться різна обробка, наприклад: на позиції I - центрування заготовки з поздовжнього супорта і проточування на ній канавки з поперечного супорта; на позиції II - свердління отвору і проточування другої канавки; на позиції III - свердління отвору меншого діаметру та більшої глибини з поздовжнього супорта і фасонне обточування контуру з поперечного супорта; на позиції IV - накатка рисок; на позиції V - нарізання різьблення в отворі; на позиції VI - відрізка заготовки і подача прутка до упору.

Для обробки простих заготовок застосовують багатшпindelні автомати паралельної дії. Принцип їх роботи показаний на рис. 4.8. На кожній позиції одночасно проводиться однакова обробка поверхонь заготовки: свердління отворів з поздовжнього супорта; точіння фасонної поверхні і подальше відрізання деталі з поперечних супортів.

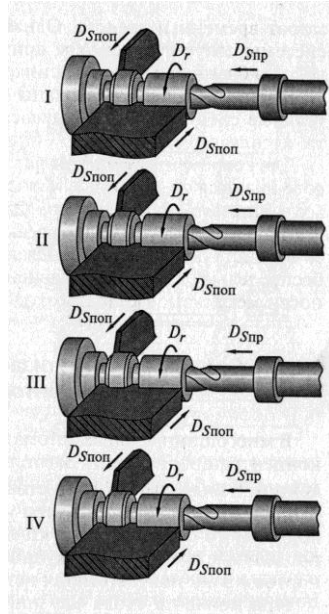


Рис. 4.8. Схема роботи горизонтального багатшпindelного напівавтомата паралельної дії: I-IV- позиції одночасної обробки чотирьох заготовок.

Список використаних джерел:

1. Проць, Я.І. Автоматизація виробничих процесів. Навчальний посібник для технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. / Я.І.Проць, В.Б.Савків, О.К.Шкодзінський, О.Л.Ляшук. – Тернопіль: ТНТУ ім. І.Пулюя, 2011. – 344с.

Тема 6

Агрегатні верстати і автоматичні лінії

Агрегатні верстати, використовувані в автоматизованому виробництві, компонують з нормалізованих і частково спеціальних вузлів і деталей шляхом об'єднання їх в єдиний агрегат (робочий комплекс) із загальною системою управління і контролю.

До нормалізованих вузлів відносять силові головки, столи і бабки, поворотні ділильні столи, корпусні базові деталі (наприклад, станини, стійки), а також валики, шпинделі, зубчасті колеса, втулки та інші деталі шпиндельних коробок, елементи затискних пристосувань і систем управління.

До спеціальних вузлів агрегатних верстатів відносять затискні пристрої, кондукторні плити, шпиндельні коробки, систему охолодження, електрообладнання та ін. Спеціальні вузли проєктують відносно деталей, що виготовляються на верстаті та їх кількість становить 10 ... 30%.

Агрегатні верстати компонують з урахуванням специфіки конкретних оброблюваних заготовок. Особливість цих верстатів - висока концентрація операцій: заготівля в процесі обробки в більшості випадків нерухома, і це дозволяє обробляти її з декількох сторін одночасно кількома десятками інструментів.

На агрегатних верстатах виконують свердління, зенкування, розгортання і розточування отворів, обточування зовнішніх поверхонь, проточування канавок, нарізування різьблення, підрізування торців, розкочування циліндричних і конічних отворів, фрезерування поверхонь, контроль якості продукції.

Традиційні агрегатні верстати (з ручним керуванням) застосовують в масовому і великосерійному виробництві, агрегатні верстати з ЧПК - в середнесерійному.

Агрегатний верстат проєктують спеціально для виготовлення деталей одного типу або декількох однотипних, тому його конструкція істотно залежить від форми і розмірів заготовки, а також від технології її обробки.

Головна перевага агрегатних верстатів полягає в тому, що вони легко перекомпонуються і порівняно швидко складаються зі стандартних вузлів з найменшими витратами і за досить короткий час.

Агрегатні верстати бувають одно- або багатопозиційні. Останні дозволяють збільшити продуктивність і зменшити вартість виготовлення деталі.

Типові компонування однопозиційних агрегатних верстатів з обробкою заготовки в одному положенні при закріпленні її в стаціонарному пристосуванні показані на рис. 4.9. Різниця верстатів полягає в тому, що обробка ведеться з одного (рис. 4.9, а), двох (рис. 4.9, б, в) і трьох (рис. 4.9, г - ж) сторін силовими вузлами 2. Верстати такого типу застосовують для багатосторонньої обробки корпусних деталей.

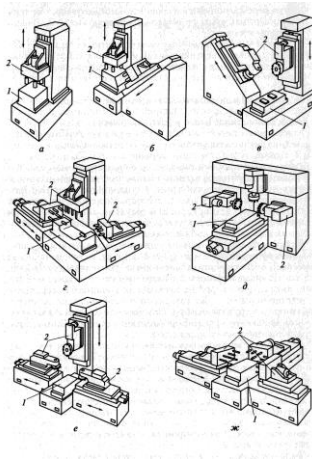


Рис. 4.9. Типові компонування однопозиційних агрегатних верстатів зі стаціонарним пристроєм для обробки заготовки з одного (а), двох (б, в) і трьох (г-ж) сторін: 1 - стаціонарні пристрої; 2 - силові вузли

Типові компонування багатопозиційних агрегатних верстатів бувають вертикальними (рис. 4.10, а, в), горизонтальними (рис. 4.10, б, г, е) і вертикально-горизонтальними (рис. 4.10, д). На цих верстатах заготовку обробляють послідовно з одного, двох і трьох сторін на декількох позиціях поворотного ділильного столу 2. Завдяки цьому допоміжний час, пов'язаний із завантаженням-розвантаженням і затиском - розтиском заготовки, суміщають з часом обробки; тільки час повороту столу залишається несуміщеним. На рис. 4.10, ж

показана компоновка багатопозиційного агрегатного верстата з центральною колоною, на рис.4.10, з - з кільцевим столом.

Типові компонування агрегатних верстатів з круговим рухом заготовок у вертикальній площині виконуються з поворотним барабаном, на якому монтуються затискні пристрої. На агрегатних верстатах барабанного типу обробка ведеться з одного, двох і трьох сторін.

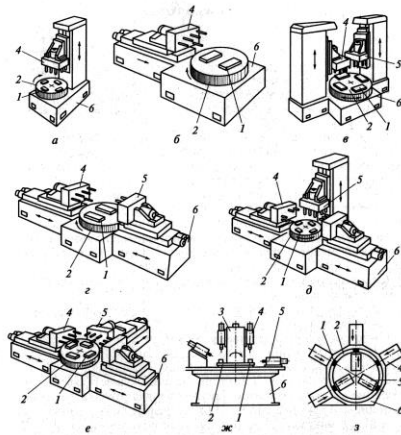


Рис. 4.10. Типові компонування багатопозиційних агрегатних верстатів з поворотним ділильним столом (а, в - вертикальні; б, г, е - горизонтальні; д - вертикально-горизонтальні), з центральною колоною (ж) і з кільцевим столом (з): 1 - затискні пристрої; 2 - стіл; 3 - центральна колона; 4, 5 - силові вузли; 6 – станина

Всі агрегатні верстати працюють в напівавтоматичному циклі. Якщо вони забезпечені завантажувальними і розвантажувальними пристроями або промисловими роботами, то вони працюють як автомати і можуть вбудовуватися в автоматичні лінії.

Агрегатні верстати з ЧПК призначені для виконання свердління, зенкерування, розточування, розгортання, нарізання різьби, прямолінійного і контурного фрезерування в заготовках типу корпусів та інших виробів в умовах мінливого виробництва. Іноді їх застосовують для збільшення концентрації операцій в масовому виробництві, тоді вони комплектуються змінними силовими

багатошпindelними головками. Як правило, це багатоінструментальні верстати, оснащені револьверними головками або інструментальними магазинами, а різні заготовки, що встановлюються на координатно-силовому столі, можуть оброблятися з п'яти сторін за один установ. Силкові головки і столи управляються від систем ЧПК за трьома або двома координатами. Виконання верстатів може бути з горизонтальною або вертикальною віссю шпинделя, з поворотним, похило-поворотним або поздовжнім столом.

Агрегатний верстат з ЧПК з трьома силівими головками (рис. 4.11) призначений для виконання традиційних операцій агрегатної обробки. Верстат оснащений одним хрестовим столом 5 і трьома силівими головками 3 з шпинделями 4. Силіві головки переміщуються у вертикальному напрямку (координати Y, V, Q). Стійки 2 з шпindelними бабками 3 встановлюють або на хрестовому столі 5, як на агрегаті I (координати X, Z), або на станині 1, як стійки агрегатів II і III (координати R, D і V, W). Шпindelна бабка агрегату I переміщується по координатам X, Y, Z, а шпindelні бабки агрегатів II і III переміщуються відповідно за координатами Q, R і V, W і здійснюють поворот (координати D і E).

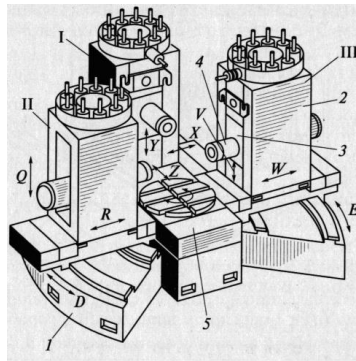


Рис. 4.11. Агрегатний верстат з ЧПК з трьома силівими головками:
1 - станина; 2 - стійка; 3 - силова головка (шпindelна бабка); 4 - шпindel; 5 - хрестовий стіл; I, II, III- агрегати.

Для підвищення точності обробки та спрощення конструкції верстата силіві головки переміщуються по напрямних кочення, в приводах головного руху і вертикальної подачі замість коробок

швидкостей зі змінними шестернями використовують двигуни постійного струму.

Верстати оснащують позиційною або контурною системою ЧПК, які в автоматичному режимі управляють механізмами зміни інструменту, координатними переміщеннями рухомих органів верстата, режимами різання.

Агрегатний верстат з ЧПК зі змінними шпиндельними коробками показаний на рис. 4.12, а. Показаний верстат з двома столами: силовим 2 і поворотним 1. На поворотному столі 1, встановленому на силовому столі 2, на колоні змонтовані чотири шпиндельні коробки 4, кожна з яких призначена для використання при обробці певної заготовки 5. При переналадці верстата УЧПК 3 видає команду на заміну багатошпиндельної головки, оснащеної відповідним комплектом ріжучого інструменту, що працює на відповідних режимах різання.

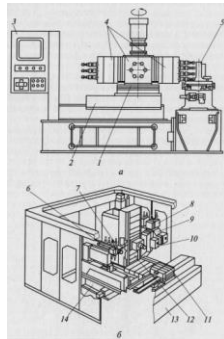


Рис. 4.12. Агрегатні верстати з ЧПК зі змінними шпиндельними коробками (а) і з магазином шпиндельних коробок (б):

1, 2 - столи (поворотний і силовий відповідно); 3 - УЧПК; 4, 8 - шпиндельні коробки; 5 - заготовка; 6 - механізм зміни інструменту; 7 інструментальний магазин; 9 - магазин шпиндельних коробок; 10 - механізм зміни шпиндельних коробок; 11 - стіл-супутник; 12 - силова головка; 13 - підстава столу; 14 - підстава силового агрегату.

Верстат, оснащений двома магазинами для зберігання одиночного інструменту і шпиндельних коробок, зображений на рис. 4.12, б. З правого боку верстата встановлені магазин 9 з шпиндельними коробками 8, а також механізм 10 їх зміни. З лівого

боку силової головки 12 встановлений інструментальний магазин 7 з механізмом 6 зміни інструменту.

Стіл-супутник 11 жорстко фіксується на хрестовому столі з підставою 13.

На верстаті передбачено рух подачі по осях X, Y, Z. Поворотний стіл може бути застосований при обробці деталей спеціально підібраної номенклатури або для виконання певних видів обробки (фрезерування, свердління, розточування), для забезпечення повної механічної обробки різних заготовок, наприклад, корпусних деталей, важелів та ін.

Подальшим розвитком концентрації операцій є нове конструктивне рішення, коли на агрегатному верстаті встановлюються силові вузли, оснащені револьверними головками, причому в гніздах револьверної головки можуть розміщуватися не тільки одиничний ріжучий інструмент, а й шпindelні коробки.

При сталому характері продукції, що випускається в великосерійному і масовому виробництві використовують автоматичні лінії (АЛ), які є сукупністю технологічного обладнання, встановленого в послідовності технологічних операцій, з'єднаного автоматичним транспортом, оснащеного автоматичними завантажувально-розвантажувальними пристроями, керованого однією спільною або кількома взаємопов'язаними системами управління (рис.4.13).

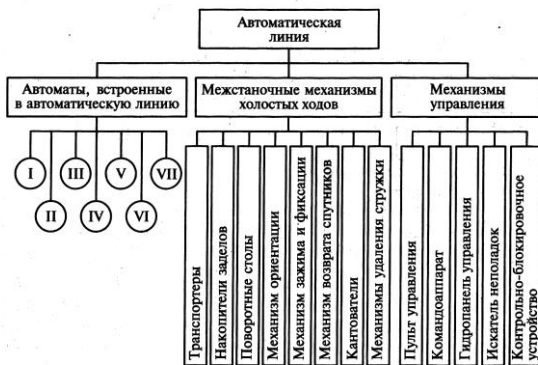


Рис.4.13. Структурна схема АЛ

Мета створення автоматичних ліній, як і будь-якого автоматизованого обладнання, - забезпечення високої якості і заданої кількості продукції, позбавлення людини від монотонної і важкої фізичної праці, створення комфортних умов обслуговування.

Лінія, в кожному циклі роботи якої виконання частини операцій відбувається за безпосередньої участі оператора, називається напівавтоматичною.

Частина АЛ, технологічне і транспортне устаткування в якій об'єднані спільним призначенням або компоновочним рішенням, називається ділянкою автоматичної лінії. Ділянка АЛ може діяти самостійно.

АЛ класифікуються за такими ознаками, що впливають на їх структуру та організацію експлуатації:

1. За безперервності дії обробних інструментів або середовища на об'єкт обробки АЛ діляться на:

- безперервні,
- дискретні (з паузами).

2. По безперервності транспортування оброблюваних об'єктів АЛ поділяють на:

- безперервні, коли обробка об'єктів ведеться під час руху транспортера,
- дискретні (крокові), коли об'єкт обробляється в зупиненому стані, з закріпленням і фіксацією в робочих зонах.

3. По виду зв'язку між верстатами (агрегатами) АЛ бувають:

- заблоковані (з жорстким зв'язком);
- незблоковані (з гнучким зв'язком).

Зблокована автоматична лінія - це АЛ, в якій автоматичний транспорт і система управління об'єднують роботу вбудованого технологічного обладнання загальним циклом. У заблокованої АЛ (рис. 4.14, а) вироби завантажуються, обробляються, розвантажуються і передаються від верстата до верстата одночасно або через кратні проміжки часу. У цих лініях немає міжопераційних активних заділів, тому, в разі виходу з ладу будь-якого верстата, всі інші верстати вимикаються і лінія простоє.

Незблокована автоматична лінія - це АЛ, в якій автоматичний транспорт і система управління забезпечують в певних межах

незалежний цикл роботи кожної одиниці вбудованого технологічного обладнання.

У незблокованій АЛ виробу обробляються і передаються від верстата до верстата не одночасно. На рис. 4.14, б показано, як після обробки на верстаті виріб передається в міжопераційний накопичувач: в цих лініях є міжопераційні активні заділи, що дозволяють в разі виходу з ладу будь-якого верстата всім іншим продовжувати роботу до закінчення міжопераційних заділів.

Міжопераційний заділ складають заготовки, розташовані між двома верстатами (або ділянками) АЛ і призначені для забезпечення безперебійної роботи верстатів (або ділянок) при їх різній продуктивності або в разі поломки одного з них.

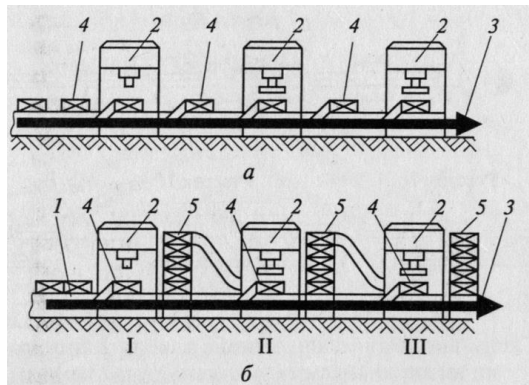


Рис. 4.14. Схеми зблокованої (а) і незблокованої (б) автоматичних ліній:
1 - накопичувач первинного завантаження; 2 - верстати; 3 - транспортер; 4 - заготовки; 5 - накопичувачі; I, II, III - номери ділянок.

Пристрій для прийому, зберігання і видачі міжопераційного заділа, розташований між верстатами або між ділянками верстатів (рис. 4.14, б) АЛ, називається накопичувачем заділів.

Незблокована АЛ (рис. 4.15) може забезпечувати несинхронний зв'язок між верстатами (рис. 4.15, а) або між ділянками (при синхронному зв'язку між верстатами ділянки - рис. 4.15, б).

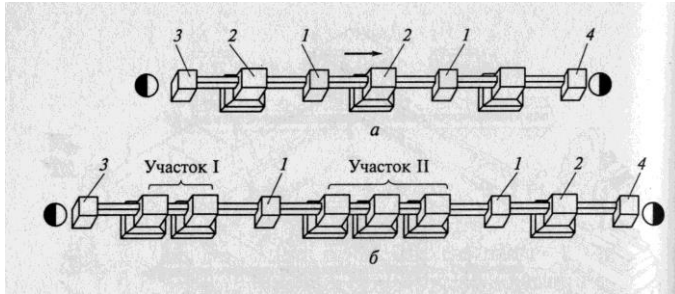


Рис. 4.15. Схеми автоматичних ліній з накопичувачами, розташованими між верстатами (а) і між ділянками (б):

1 - накопичувачі; 2 - верстати; 3 - первинні накопичувачі на початку АЛ; 4 - накопичувачі оброблених деталей в кінці АЛ.

4. По виду оброблюваних виробів розрізняють АЛ для обробки корпусних деталей, валів (прямовісних, колінчастих, розподільних), дисків, деталей підшипників та ін.

5. За характером транспортування виробів АЛ діляться на супутникові та безсупутникові.

В супутниковій АЛ заготовки базуються, обробляються і транспортуються на пристроях-супутниках (ПС). В транспортну систему таких ліній входять транспортери для повернення ПС на позицію завантаження.

На рис. 4.16 показана АЛ для обробки корпусу клапана, який через форми, які є незручними для безпосереднього базування, встановлюють на ПС. Дана АЛ має замкнуту транспортну систему, що складається з поздовжніх і поперечних крокових конвеєрів 2, 3, 5 і 10, які переміщують оброблювані деталі 4 по робочих позиціях Б, В, Г, Д і повертають ПС 6 до позиції А ручного завантаження-вивантаження оброблюваних виробів (на позиціях А, В і Г верхня плита у ПС не показана). Послідовна обробка деталі відбувається на верстатах 7, 8 і 1. На позиції Б розточуються отвори і підрізають торці лівого і середнього фланців. На позиції У свердлять отвори і підрізається торець правого фланця. На столі 9 ПС разом з деталлю повертається в горизонтальній площині на 180° і надходить на позицію Г для свердління отворів в торцях правого і середнього фланців. Після обробки ПС з деталлю надходить на позицію Д для очищення від

стружки, а потім на позицію А для контролю отворів, зняття з ПС обробленої деталі і установки на ПС нової заготовки.

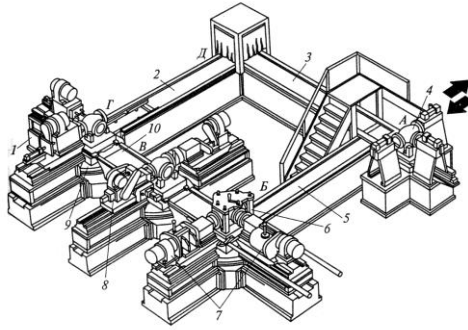


Рис. 4.16. Однопредметна автоматична лінія для обробки корпусу клапана з пристосуванням-супутником: 1, 7, 8 - верстати; 2, 3, 5, 10 - крокові конвеєри; 4 - оброблена деталь; 6 - ПС; 9 - стіл; А - позиція контролю і завантаження-вивантаження; Б, В, Г, Д - робочі позиції

При компоюванні АЛ з вертикальних верстатів, коли на одній станині монтується з протилежних сторін два силових вузла виріб транспортується в горизонтальній площині. За такою схемою будуються АЛ для обробки великих виробів.

6. За типом вбудованих верстатів розрізняють АЛ з:

- універсальних (автоматів або напівавтоматів);
- спеціальних;
- агрегатних верстатів.

Іноді АЛ компоюється з верстатів різних типів.

7. За способом передачі виробів з верстата на верстат розрізняють наступні АЛ:

- з наскрізним транспортуванням через робочу зону. Перевага такого способу - зручність компоювання. Недолік - ускладнення обслуговування обладнання. Такі АЛ застосовуються при обробці корпусних деталей, при обробці зовнішніх кілець підшипників на безцентрових круглошліфувальних автоматах і т.д.;

- з верхнім транспортуванням. Перевага - полегшення обслуговування верстатів АЛ. Недолік - ускладнення транспортної

системи. Такі АЛ застосовуються при шліфувальній обробки колінчастих валів;

- з боковим (фронтальним) транспортуванням. При цьому потрібен додатковий пристрій для поперечного завантаження заготовок в робочу зону і знімання готових деталей. Такі АЛ застосовуються при обробці валів електродвигунів, зубчастих коліс залізничних підшипників;

- з комбінованим транспортуванням.

8. За кількістю типів одночасно оброблюваних деталей АЛ діляться на:

- однопредметні;
- багатопредметні.

Приклад супутникової АЛ для обробки одного виробу, званої однопредметна, або однономенклатурна, наведено на рис. 4.16.

АЛ, призначена для виробництва виробів декількох типорозмірів або найменувань, називається багатопредметна, або багатонomenclатурна.

Багатопредметна АЛ повинна бути переналагоджуваною. Її технологічне і транспортне устаткування за рахунок регулювання або заміни елементів технологічної оснастки, автоматичного транспорту і автоматичних завантажувально-розвантажувальних пристроїв повинні дозволяти проводити обробку різних виробів в заздалегідь встановленому діапазоні розмірів.

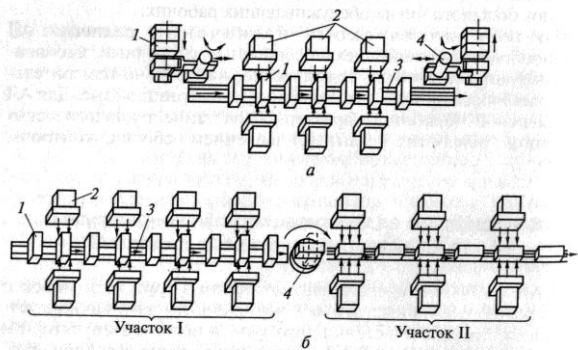


Рис. 14.17. Схеми однопотоківих АЛ з одного (а) і двох (б) ділянок
1 – заготовки; 2 – верстати; 3 – конвеєри; 4 - поворотні столи

9. За кількістю потоків АЛ бувають:

- однопотокові;
- багатопотокові.

На однопотоковій АЛ кожна операція (перехід) виконується тільки на одному виробі. Працююча за цим принципом АЛ називається лінією послідовної дії (рис. 14.17).

Обробка, при якій одна і та ж операція (перехід) виконується одночасно на декількох виробах, називається багатопотоковий, а працююча за таким принципом АЛ - лінією паралельно-послідовної дії (рис. 14.18). Збільшення числа потоків пов'язано з необхідністю збільшення випуску виробів.



Рис. 14.18. Схема багатопотокової АЛ:
1, 2, 3 - заготовки; 4 - верстати

10. За розгалуженням потоків АЛ діляться на:

- нерозгалужені;
- розгалужені.

Нерозгалужені АЛ застосовуються, коли тривалості операцій, що виконуються на АЛ, однакові (що дорівнює такту). Розгалужені АЛ застосовують для того, щоб не було простою обладнання з малим циклом обробки, коли тривалості операцій різні, що відрізняються один від одного в рази.

11. По розташуванню обладнання АЛ розрізняють

- замкнуті;
- незамкнуті.

Замкнуті АЛ завантажуються і розвантажуються за допомогою транспортного пристрою, промислового робота або оператора в одному місці, що є їхньою перевагою; недолік - утруднений доступ до обладнання, що ускладнює його обслуговування. Більшість АЛ є незамкнуті, тобто в них розташування обладнання може бути

прямолінійним, Т-образним, П-образним, Ш-образним і т.д. Такі АЛ дозволяють виконувати багато операцій, забезпечують зручний доступ при обслуговуванні і ремонті, але вимагають великої кількості обслуговуючих робітників.

12. За технологічним призначенням розрізняють АЛ:

- механообробні;
- механоскладальні, складальні;
- заготівельні, штампувальні;
- термічні;
- контрольно-вимірювальні;
- електроерозійні;
- пакувальні;
- консерваційні;
- комплексні.

Для АЛ комплексної обробки характерне поєднання технологічних операцій: обробка різанням, тиском, збірка, контроль, мийка тощо

Найбільшого поширення автоматичні лінії отримали в машинобудуванні. Багато з них виготовляються безпосередньо на підприємствах з використанням вже діючого обладнання.

Автоматичні лінії для обробки строго визначених за формою і розмірами виробів називаються спеціальними; при зміні об'єкта виробництва такі лінії замінюють або переробляють. Більш широкими експлуатаційними можливостями володіють спеціалізовані автоматичні лінії для обробки однотипної продукції в певному діапазоні параметрів. При зміні об'єкта виробництва в таких лініях, як правило, лише перенастроюють окремі агрегати і змінюють режими їх роботи; основне технологічне устаткування в більшості випадків може бути використано для виготовлення нової однотипної продукції. Спеціальні і спеціалізовані автоматичні лінії застосовуються головним чином в масовому виробництві.

У серійному виробництві автоматичні лінії повинні володіти універсальністю і забезпечувати можливість швидкого переналадження для виготовлення різної однотипної продукції. Такі автоматичні лінії називають універсальними, які швидко переналаджуються, або груповими. Дещо менша продуктивність універсальних автоматичних ліній в порівнянні зі спеціальними

компенсується їх швидким переналагоджуванням для виробництва широкої номенклатури продукції.

Список використаних джерел:

1. Проць, Я.І. Автоматизація виробничих процесів. Навчальний посібник для технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. / Я.І.Проць, В.Б.Савків, О.К.Шкодзінський, О.Л.Ляшук. – Тернопіль: ТНТУ ім. І.Пулюя, 2011. – 344с.

Тема 7

Верстати з ЧПУ і гнучкі виробничі системи

Для швидкого переходу підприємства на випуск нової продукції необхідно обладнання, яке дозволяло б проводити швидке переналагодження. Таким вимогам відповідають верстати з числовим програмним управлінням (ЧПУ), на яких виготовлення деталей відбувається за допомогою комп'ютерних програм, які задають всі робочі і допоміжні рухи. Історія їх застосування починається з 50-х років ХХ століття, коли з'явилися перші комп'ютери. Аббревіатура ЧПУ відповідає двом англомовним - NC і CNC (NC - Numerical Control; CNC - Computer Numerical Control). У перших системах типу NC програма покадрово вводилася за допомогою перфострічки, магнітної стрічки або з клавіш. Для цього використовувалося фотозчитуючі пристрої. Системи типу CNC побудовані на базі мікроЕОМ і мікропроцесорів. Вони мають можливість формувати типові цикли обробки згідно різних технологічних завдань. Програмно-математичне забезпечення для цього зберігається в постійно перепрограмованому пристрої зберігання даних.

Застосування електроніки та обчислювальної техніки на верстатах з ЧПУ вирішує проблеми, пов'язані з:

- зростаючими вимогами до точності виготовлення деталей;
- недостатньо високою продуктивністю праці верстатників;
- нестабільністю розмірів деталей, виготовлених за участю людини;
- неминучістю браку через помилки людини;
- високою собівартістю продукції, обумовлене низькою продуктивністю праці та наявністю браку;
- необхідністю придбання і утримання великого верстатного парку;
- надмірними витратами на оплату праці великої кількості верстатників.

Відмінність верстатів з ЧПУ від верстатів з нечисловими системами управління полягає не тільки в програмному управлінні, а й в конструктивному виконанні. Для точної обробки деталей на цих верстатах необхідна висока точність виготовлення всіх його деталей, вузлів і верстата в цілому. Тому в якості виконавчих механізмів в

приводі подачі використовують безззорні кулько - гвинтові передачі або лінійні двигуни, що володіють високою точністю, зносостійкістю і жорсткістю. Кінематичні ланцюги, що передають рух від двигуна до виконавчих органів, значно коротше, завдяки застосуванню роздільних сервоприводів для всіх робочих рухів. Точність переміщення вузлів верстата задається дискретністю імпульсу керуючої програми. Залежно від вимог до точності деталі в верстатах фрезерної і свердлильної груп в більшості випадків дискретність дорівнює 10 мкм. У токарних і фрезерних верстатах підвищеної точності, багатоцільових, координатно-розточувальних, шліфувальних, електроерозійних вирізних верстатах дискретність не перевищує 1 мкм.

Верстати з ЧПУ практично можуть працювати автономно, забезпечуючи повне виготовлення деталі. Завданням оператора є установка і зняття деталі, налагодження інструменту і т.д. В результаті один працівник може обслуговувати відразу кілька верстатів.

Програми для верстатів з ЧПУ записуються за допомогою кодів в ручному режимі, або автоматично за допомогою САМ-програми шляхом перетворення креслення деталі, створеного в САД-програмі. Базовим керуючим кодом для підготовки керуючих програм став набір команд, розроблений фахівцями компанії Electronic Industries Alliance в 60-і роки ХХ століття. Відомий як мова «G» і «M» кодів або просто G-код (G-code). Коди з адресою G, звані підготовчими, визначають настройку системи ЧПУ на певний вид роботи. Коди з адресою M називаються допоміжними і призначені для управління режимами роботи верстата.

Структурно до складу ЧПУ входять:

1. Пульт оператора, за допомогою якого можна підготувати верстат до роботи, ввести програму, змінити режим або екстрено вимкнути в разі непередбаченої ситуації.

2. Інформаційний дисплей, на якому відображається поточна інформація про роботу, хід виконання програми, стан основних систем обладнання.

3. Керуючий контролер, який «керує» всіма процесами, забезпечує взаємодію з оператором і комп'ютерами зовнішньої локальної мережі.

4. Блок пам'яті, який входить до складу блоку управління і постачає керуючий контролер інформацією, що складається з

постійної і оперативної пам'яті - ПЗУ і ОЗУ. У ПЗУ записані основні константи, конфігурація верстата і системні програми. У ОЗУ перед початком роботи записуються програми виготовлення конкретних деталей, тимчасова службова інформація, яка надходить з мікроконтролера.

Застосування уніфікованих вузлів (шпindelна бабка, сервоприводи, станини, револьверні головки та ін.) дозволяє створювати різні конструкції верстатів, використовуючи компоновання залежно від їх технологічного призначення. Токарні верстати з горизонтальною віссю обертання шпинделя найбільш часто мають такі компоновальні рішення:

- закріплення деталей в патроні з можливістю обробки з одного боку, з керованим обертанням відносно осі С; один супорт з можливістю переміщення по осях Х і Z, на якому встановлена револьверна головка з нерухомими (різці) і обертовими (свердла, фрези) інструментами (рис. 4.19, а). Обертові інструменти в залежності від конструкції головки переміщуються як паралельно, так і перпендикулярно осі деталі;

- закріплення деталей в патроні з підтиском заднім центром (рис. 4.19, б). Компоновальна схема аналогічна попередньому варіанту;

- закріплення деталей в патроні з можливістю обробки з одного боку, з керованим обертанням відносно осі С; два незалежних супорта з револьверними головками, що несуть нерухомі і обертові інструменти. Супорти розташовані з двох сторін відносно шпинделя верстата, один має переміщення по осях Х1 і Z1, другий - по осях Х2, Z2 і Y (рис. 4.19, в);

- закріплення деталей в патроні з можливістю обробки з одного боку, з керованими переміщеннями шпинделя відносно осей Х, Z і С; нерухома револьверна головка з нерухомими (різці) і обертовими (свердла, фрези) інструментами (рис. 4.19, г);

- закріплення деталей спочатку в основному, а потім в допоміжному (той, що перехоплює) патроні з керованим обертанням відносно осі С (рис. 4.19, д). Допоміжний патрон переміщається відносно осі Z2, револьверна головка розташована між патронами і переміщається відносно осей Z1, Х, іноді -Y. Перехоплення оброблюваної деталі здійснюється без зупинки обертання основного

шпинделя внаслідок синхронізації частот обертання обох патронів. Верстат забезпечує обробку деталі з усіх боків;

- закріплення деталей спочатку в основному, а потім в допоміжному (той, що перехоплює) патроні з керованим обертанням відносно осі С (рис. 4.19, е), причому функція перехоплення здійснюється одним з гнізд револьверної головки. Дві револьверні головки переміщуються відносно осей Z_1 , X_1 і Z , X відповідно. Верстат забезпечує обробку деталі з усіх боків.

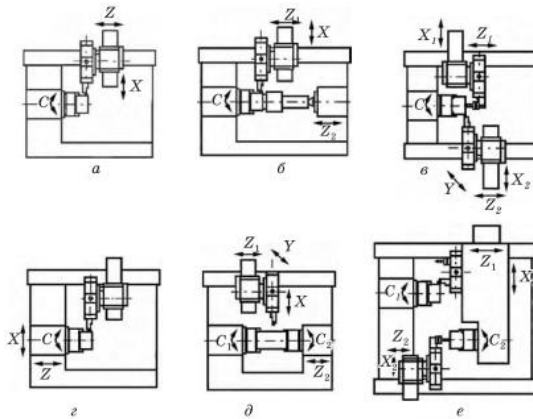


Рис. 4.19. Компонувальні схеми верстатів токарної групи з горизонтальною віссю обертання деталі

Верстати з вертикальною віссю обертання шпинделя (карусельні) використовуються в основному для обробки великих важких деталей. Вони мають такі конструктивні рішення:

- закріплення деталей в патроні з можливістю обробки з одного боку, з керованим обертанням відносно осі С; один супорт з можливістю переміщення по осях X і Z , на якому встановлена револьверна головка з нерухомими (різці) і обертовими (свердла, фрези) інструментами (рис. 4.20, а). Обертові інструменти в залежності від конструкції головки переміщуються як паралельно, так і перпендикулярно осі деталі;

- закріплення деталей в патроні з підтиском заднім центром (рис. 4.20, б). Компонувальна схема аналогічна попередньому варіанту;

- закріплення деталей в патроні з можливістю обробки з одного боку, з керованим обертанням відносно осі C ; два незалежних супорта з револьверними головками, що несуть нерухомі і обертові інструменти. Супорти розташовані з двох сторін відносно шпинделя верстата, один переміщається по осях X_1 і Z_1 , другий - по осях X_2 , Z_2 (рис. 4.20, в);

- закріплення деталей в патроні з підтиском заднім центром, з керованим обертанням відносно осі C ; два незалежних супорта з револьверними головками, розташовані з двох сторін відносно шпинделя верстата, один переміщається по осях X_1 і Z_1 , другий - по осях X_2 , Z_2 (рис. 4.20, г);

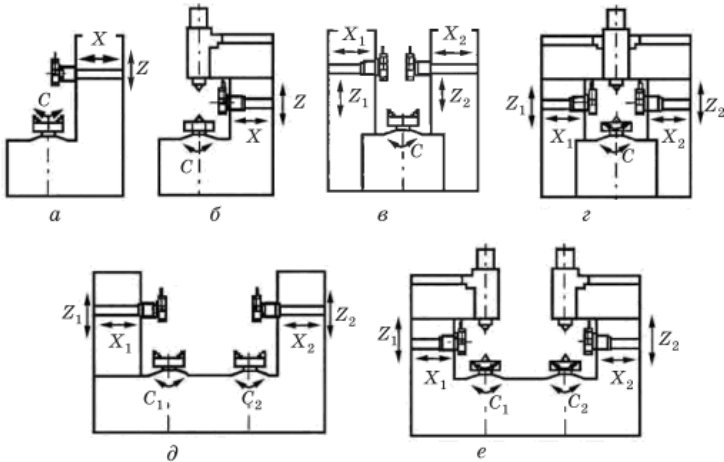


Рис. 4.20. Компонувальні схеми верстатів токарної групи з вертикальною віссю обертання деталі

- два паралельних шпинделя виробу з закріпленням деталей в патроні (мал. 4.20, д); в іншому компонуванні аналогічна схемі в;

- два паралельних шпинделя виробу з закріпленням деталей в патроні з підтиском заднім центром (рис. 4.20, е); в іншому компонуванні аналогічна схемі в.

Аналіз конструкції деталей типу тіл обертання показує, що більше 80% з них, крім найпростіших циліндричних, конічних і торцевих поверхонь, мають прями і гвинтові канавки і виступи, плоскі

поверхні, довільним чином розташовані в просторі, вікна, глибокі отвори і т.п. У зв'язку з цим все частіше замість традиційних токарних верстатів з ЧПУ для їх обробки використовують багатоцільові токарні верстати. В цьому випадку револьверні головки крім традиційних інструментів (нерухомо закріплених в голівці) можуть бути оснащені інструментами з незалежним обертанням (рис. 4.21).

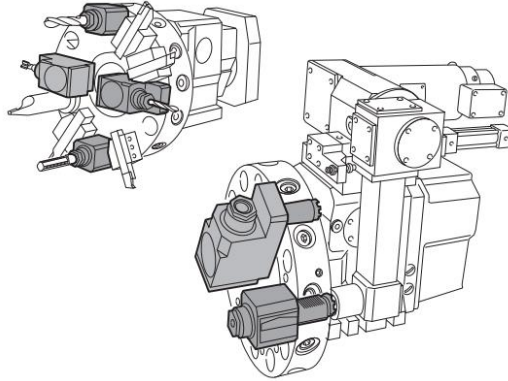


Рис. 4.21. Револьверні головки з нерухожими і обертовими інструментами

Такі головки характеризуються малим часом заміни інструменту на робочій позиції, порівняно невеликими розмірами і можуть мати вісь обертання паралельно, перпендикулярно і похило до осі оброблюваної деталі (рис. 4.22).

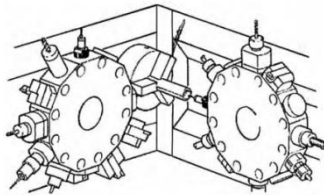


Рис. 4.22. Можливі положення осей револьверних головок відносно осі деталі на багатоцільових верстатах

Поєднання ряду переміщень вимагає введення в кінематичну схему верстата відповідних осей управління (рис. 4.23, 4.24).

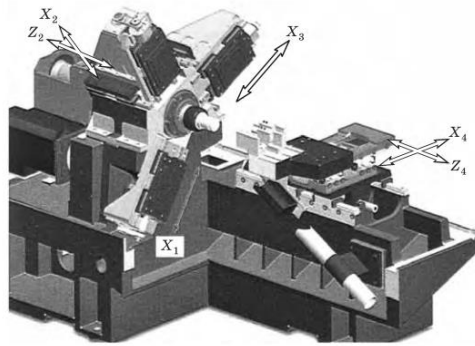


Рис. 4.23. Осі управління токарного автомата з ЧПУ MSL 42/60 фірми DMG

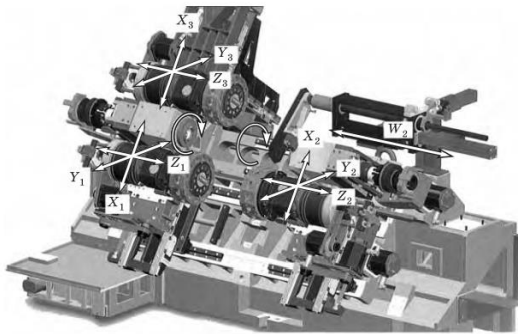


Рис. 4.24. Осі управління токарного багатощпindelного верстата SPRINT 50 фірми DMG

Розширення технологічних можливостей токарних верстатів з ЧПУ можливо внаслідок:

- установки поряд з однією або двома револьверними головками біля кожного токарного шпинделя поперечного супорта для різців та осьових інструментів (рис. 4.25);

- введення в конструкцію 4 ... 6 шпинделів з можливістю повороту шпиндельного барабана на постійний кут (рис. 4.26), що дозволяє використовувати обладнання з ЧПУ в великосерійному і масовому виробництві; підготовчо - заключний час в 4 ... 5 разів менше в порівнянні з традиційними багатощпindelними токарними автоматами;

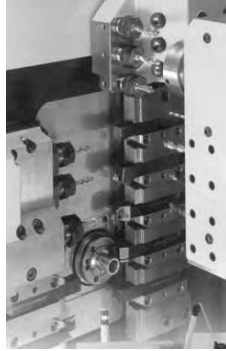


Рис. 4.25. Поперечні супорти токарного багатоцільового верстата

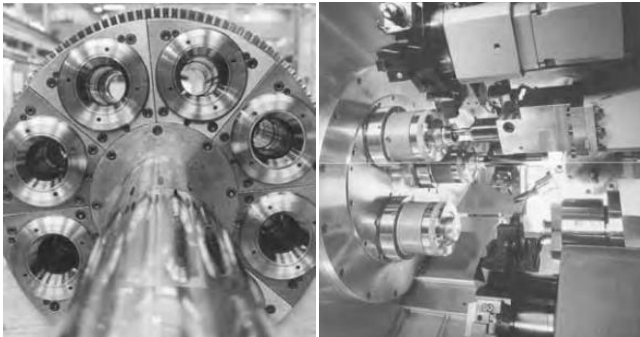


Рис. 4.26. Багатошпindelні токарні верстати фірми DMG: а - шпindelльний барабан;
б - робоча зона

- заміни традиційних револьверних головок на інструментальний шпindel з можливістю керованого повороту його осі на довільний кут (рис. 4.27); в цьому випадку верстат має можливість виконання як токарних, так і свердлильно - фрезерно - розточувальних операцій;

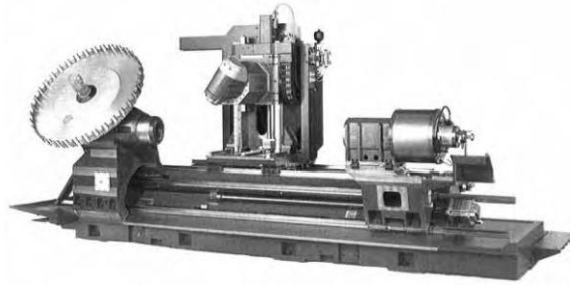


Рис. 4.27. Верстат СТХ, оснащений токарно-фрезерним шпинделем фірми DMG

- установки в револьверній голівці черв'ячної зуборізної фрези (рис. 4.28), що в разі координації рухів за відповідними осями забезпечує можливість нарізування на деталі зубів і виключає необхідність окремих операцій зубообробки;



Рис. 4.28. Установка черв'ячної фрези в револьверній голівці токарного багатоцільового верстата Millturn фірми WFL Technologies GmbH & Co.KG

- введення до складу багатоцільового токарного верстата шліфувального шпинделя (рис. 4.29), що дозволяє поєднати операції точіння і шліфування.

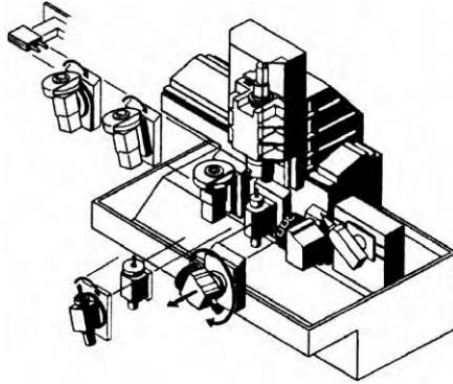


Рис. 4.29. Токарно-шліфувальний багатоцільовий верстат модульної конструкції фірми Index-Werke GmbH & Co.KG

Сучасні багатоцільові верстати токарної групи дозволяють обробляти деталь на одному робочому місці без її переміщення з верстата на верстат. При цьому забезпечується відповідне базування заготовки, виключаються втрати точності обробки і т.д.

Гнучкий виробничий модуль (ГВМ) являє собою систему, що складається з наступних елементів:

- одиниці технологічного обладнання у вигляді токарного верстата з ЧПУ, токарного або свердлильно-фрезерно-розточувального багатоцільового верстата;
- промислового робота або іншого пристрою для виконання операцій завантаження - вивантаження заготовок (деталей);
- системи управління;
- накопичувача заготовок і деталей, як правило, в орієнтованому положенні;
- контрольно - діагностичних засобів контролю стану інструменту, автоматичної прив'язки інструменту до системи координат, вимірювання деталей на верстаті або поза ним;
- пристрої автоматизованого очищення зони обробки і видалення відходів.

Додатково може бути передбачено використання:

- промислового робота або маніпулятора для заміни ріжучого інструменту, затискного або інструментального оснащення, захватних пристроїв основного робота;
- накопичувача ріжучих інструментів;
- накопичувачів затискного або інструментального оснащення, а також захватних пристроїв основного робота;
- накопичувача бракованих деталей;
- пристрої для кантування виробів;
- пристрої вхідного контролю стану заготовок.

Можливості ГВМ свердильно - фрезерно - розточної групи розширюються шляхом використання різної кількості осей обробки, типів столів і т.п. На рис. 4.30 показаний ГВМ для обробки корпусних деталей з дисковим інструментальним магазином, на рис. 4.31 - токарний ГВМ, обслуговується порталним промисловим роботом. Ємність магазинів заготовок в таких ГВМ повинна забезпечувати роботу без участі оператора протягом як мінімум однієї зміни.

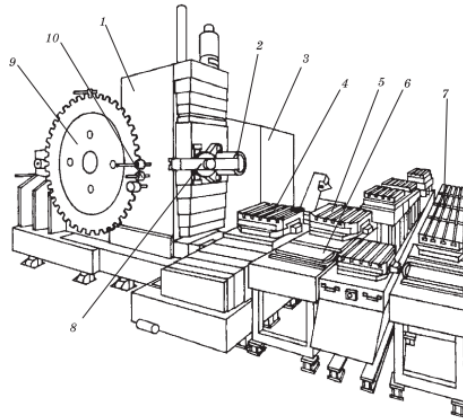


Рис. 4.30. ГВМ для обробки корпусних деталей:

- 1 - багатоцільовий верстат; 2 - горизонтальний шпиндель; 3 - система управління; 4 - стіл із закріпленою палетою; 5 - палета для розміщення заготовок; 6 - пристрій для зміни палет; 7 - магазин палет; 8 - автооператор для зміни інструментів; 9 - дисковий магазин ріжучих інструментів; 10 - інструменти в магазині

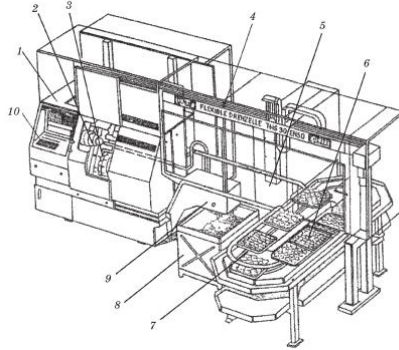


Рис. 4.31. Токарний ГВМ:

1 - патронний токарний багатопільовий верстат; 2 - шпindelь; 3 - револьверна головка з ріжучими інструментами; 4 - порталний промисловий робот для зміни деталей; 5 - маніпулятор; 6 - універсальна палета; 7 - магазин палет; 8 - бункер для стружки; 9 - транспортер для стружки; 10 - система управління

ГВМ можна вбудовувати в систему більш високого рівня.

Окремим випадком ГВМ є гнучкий виробничий осередок (ГВО) - комбінація з елементарних модулів з єдиною системою вимірювання, інструментозабезпечення, транспортно-накопичувальної і вантажно-розвантажувальної системами, з груповим керуванням. До складу ГВО можуть входити верстати і машини для мийки, сушки, контролю розмірів після обробки. Осередки, які обслуговуються за допомогою промислового робота, називаються роботизованими. На рис 4.32 показана схема ГВО, що складається з токарного верстата з ЧПУ 1 і багатопільового токарного верстата 2. Осередок обслуговує промисловий робот 4 з системою управління 12. Поряд з верстатами і роботом до складу осередку входять додаткові пристрої й устаткування, зокрема кантувач 3, мийна машина 5, палета 7 з заготовками типів А і В, палета 6 з обробленими деталями, установка розпізнавання заготовок 9. Оператор знаходиться перед центральним пультом управління 10 з монітором 11. Робоча зона дії робота обмежена захисним пристроєм з системою фотоелементів 8. ГВО, як і ГВМ, можна вбудовувати в систему більш високого рівня.

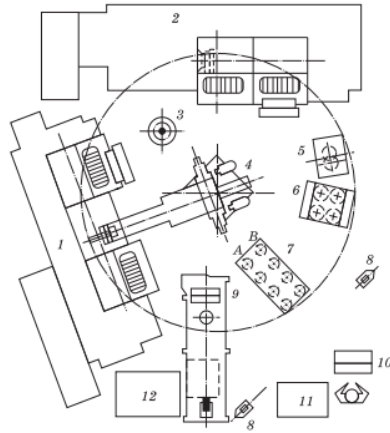


Рис. 4.32. Схема гнучкого виробничого осередка

Гнучка виробнича система (ГВС) - комплекс, що складається з великої кількості автоматизованих робочих місць (технологічних машин, верстатів з ЧПУ, багатоцільових верстатів), які дозволяють використовувати різні типи технологій обробки (тиск, різання, термообробка, нанесення покриттів) і додаткові технології (мийка, сушка і т.д.), і пов'язані між собою пристроями для переміщення виробів таким чином, що на одних і тих же робочих місцях можлива обробка різних виробів, що проходять через ГВС різними шляхами. Головний комп'ютер, керуючий ГВС, виконує функції нагляду і планування виробництва, керуючи переміщенням виробів через систему і забезпечуючи її роботу без участі оператора протягом необхідного відрізка часу.

Схема ГВС на базі трьох ГВМ із загальною системою транспортування виробів на основі рольгангів і загальною системою управління показана на рис. 4.33.

До складу сучасних ГВС входять:

- автоматизована транспортно-складська система (АТСС);
- автоматична система інструментального забезпечення (АСІЗ);
- автоматична система видалення відходів (АСВВ);
- автоматизована система забезпечення якості (АСЗК);
- автоматизована система забезпечення надійності (АСЗН);
- автоматизована система управління (АСУ);

- система автоматизованого проектування (САПР);
- автоматизована система технологічної підготовки виробництва (АСТПВ);
- автоматизована система управління технологічними процесами (АСУТП);
- автоматизована система оперативного планування виробництва (АСОПВ);
- автоматизована система утримання та обслуговування обладнання (АСУОО);
- автоматизована система управління виробництвом (АСУВ).

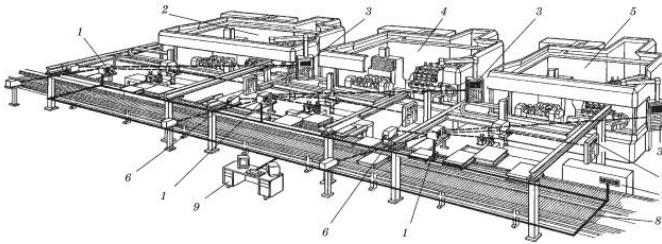


Рис. 4.33 - Функціональна схема ГВС: 1 - комп'ютери, що керують роботою ГВМ і вимірювальних машин; 2, 4, 5 - ГВМ; 3 - пульт управління ГВМ; 6 - пульт управління порталними маніпуляторами; 7 - система управління транспортом; 8 - мережа, що з'єднує головний комп'ютер з комп'ютерами робочих місць; 9 - головний комп'ютер ГВС.

За технологічною ознакою ГВС в різних виробництвах можуть бути розділені на дві групи.

ГВС першої групи призначені для випуску з високою продуктивністю великих серій вузького спектра виробів, що характеризуються високим ступенем конструктивної і технологічної подоби. На такій лінії вироби переміщуються із заданим ритмом по робочих позиціях, розташованих у відповідності з технологічним маршрутом і пов'язаних внутрішніми міжверстатними транспортними пристроями. Для такого різновиду ГВС характерно те, що для переходу на вироби іншого найменування необхідно завершити обробку наявного доробку, зупинити обладнання, провести його переналадження і потім знову запуснути потік на випуск нових

виробів. Таким чином, одночасно в виробництві на гнучкій потокової лінії можуть перебувати вироби тільки одного найменування.

ГВС другої групи призначені для випуску виробів широкої номенклатури, обмеженою технічними характеристиками обладнання, яке застосовується. Такі ГВС характеризуються великою технологічною різноманітністю. У цьому випадку має місце рух виробів від однієї одиниці обладнання до іншої за довільним змінюваним маршрутом з можливістю його переривання. Маршрут руху виробів і послідовність виконання технологічних операцій не пов'язані з розташуванням обладнання, а визначаються планом роботи виробничого комплексу та розкладом завантаження устаткування, які складаються неодноразово (на етапі проектування виробничого комплексу), а багаторазово (на етапі його експлуатації стосовно до конкретного виробу). Для таких ліній можливо одночасне перебування в обробці різних виробів і не потрібно обов'язкового вирівнювання для різних виробів часу перебування на відповідних операціях технологічного маршруту, а також числа цих операцій.

На підставі вищесказаного основні шляхи розвитку та можливості гнучкого автоматизованого обладнання представлені на схемі (рис. 4.34).



Рис. 4.12. Напрямки розвитку гнучкого виробничого обладнання

Список використаних джерел:

1. Невлюдов, І.Ш. Виробничі процеси та обладнання об'єктів автоматизації [Текст]: Підручник для студентів вищих навчальних закладів / І. Ш. Невлюдов. Кривий Ріг: Криворізький коледж НАУ, 2017. – 444 с.
2. Головка, Д.Б. Автоматика та автоматизація технологічних процесів. /Д.Б.Головка, К.Г.Рого, Ю.О,Скрипник. –К.: Либідь, 1997. – 232с.

Тема 8

Ріжучий і допоміжний інструмент, пристосування автоматизованого виробництва

Продуктивність автоматизованого обладнання залежить від застосовуваного різального інструменту. Останній повинен відповідати не тільки звичайним вимогам, що пред'являються до ріжучого інструменту, таких як забезпечення певного класу шорсткості і точності оброблюваних заготовок, стійкість і міцність, економічність, але також і специфічних умов автоматичного циклу роботи верстатів, коли потрібна висока ступінь надійності роботи інструменту. Тому ріжучий інструмент для верстатів з ЧПУ повинен відповідати таким вимогам:

- забезпечення стабільних ріжучих характеристик;
- задовільне формування і відведення стружки;
- забезпечення заданих умов по точності обробки;
- універсальність застосування для типових оброблюваних поверхонь різних деталей на різних моделях верстатів;
- швидкозмінний при переналадці на іншу оброблювану деталь або заміні при зносі ріжучої частини;
- підвищена жорсткість, міцність, зносостійкість;
- раціональна форма пластин для можливості обробки одним інструментом максимального числа поверхонь деталей;
- висока геометрична точність (радіальне биття менше 0,04 мм);
- зручність обслуговування і експлуатації.

На верстатах з ЧПУ найбільшого поширення набув збірний інструмент зі змінними багатогранними пластинами (ЗБП). Завдяки цьому забезпечується:

- значна економія дефіцитних ріжучих матеріалів;
- скорочення часу підналадження інструменту (ЗБП можуть бути замінені без зняття корпусу інструменту з револьверної головки, в ряді випадків не потрібно після заміни ЗБП прив'язка інструмента);
- стабільне отримання однакової величини шорсткості при інших рівних умовах;
- надійне дроблення стружки;
- виключення необхідності заточування інструменту.

Як ріжучий матеріал для інструментів верстатів з ЧПУ використовують: тверді сплави, кераміку, надтверді синтетичні матеріали і швидкорізальні сталі.

Основним напрямком підвищення працездатності твердих сплавів є нанесення на поверхню інструменту зносостійких покриттів, що підвищують його стійкість в 3-4 рази. Як покриття застосовують карбід титану і нітрид титану. Це підвищує продуктивність праці за рахунок великих швидкостей різання і збільшення сумарного числа деталей, оброблених одним інструментом.

У збірному металорізальному інструменті від правильного вибору способу кріплення пластин в значній мірі залежать його надійність, довговічність і стійкість.

Кріплення повинно забезпечувати:

- надійність (не допускати мікрозміщень пластини в процесі різання);
- щільний контакт опорної поверхні пластини з опорною поверхнею паза в державці;
- точність позиціонування і взаємозамінність різальних крайок при повороті і зміні пластин;
- стабільність геометрії;
- дроблення, завивання і надійне відведення стружки;
- мінімальний час для зміни ЗБП.

Приклади різців для автоматизованих верстатів наведені на рис.

5.1.

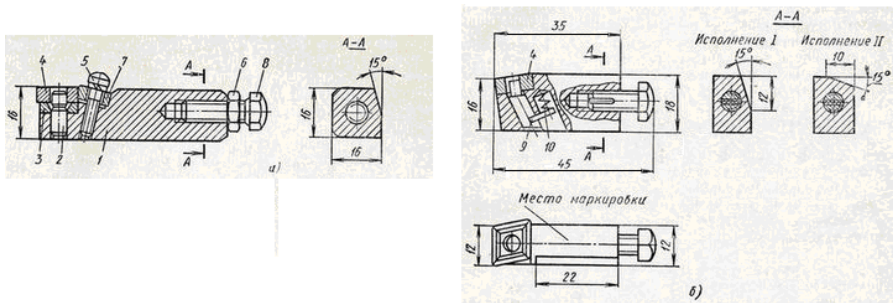


Рис.5.1. Конструкції різців для верстатів автоматизованого виробництва
а) взаємозамінний різець для токарних багатшпиндельних автоматів; б) різець - вставка з ромбічної твердосплавною пластинкою

У взаємозамінних різців з твердосплавними багатограними або круглими (циліндричними) пластинками (рис. 5.1, а), що застосовуються на автоматизованому обладнанні, державка 1 має скіс під кутом 15° , призначений для кріплення різця на верстаті. При цьому опорні поверхні державки повинні бути взаємно перпендикулярні для забезпечення високої жорсткості. В державку ввертається регулювальний гвинт 8 (різьблення по 2-ому класу точності), який фіксується контргайкою 6 в положенні, що забезпечує необхідний виліт вершини різця. Кріплення ріжучої твердосплавної пластинки 4 здійснюється так само, як у стандартних різцях, призначених для універсальних верстатів, тобто з допомогою гвинта 5, клина 7 і штифта 2. Шорсткість поверхонь ріжучої платівки не грубіше 9-го, а підкладки 3 - 8-го класу. Ці вимоги забезпечують надійність притиску пластини при роботі, підвищують вібростійкість різця.

Інший спосіб кріплення ріжучої пластини на різцях-вставках показаний на рис. 5.1, б. Тут ромбічна твердосплавна пластинка 4 кріпиться за допомогою тяги, планки 9 і пружини 10.

Щоб простої устаткування автоматичних ліній, пов'язані із заміною зношеного ріжучого інструменту, були мінімальними, використовують швидкозмінне інструментальне оснащення.

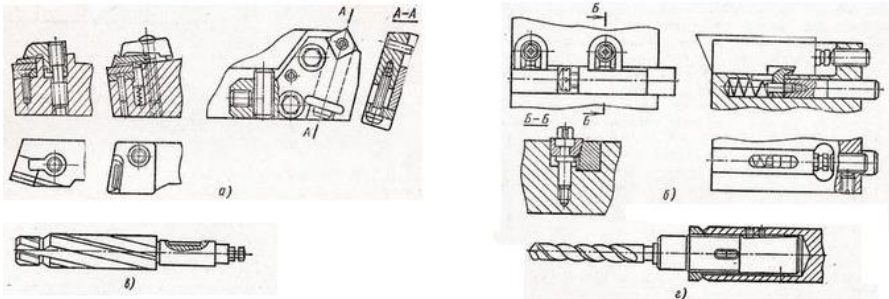


Рис.5.2. Схеми швидкозмінного кріплення
а) ріжучої пластинки; б) різцевої вставки; в), г) осьового різального інструменту

При цьому швидкозмінним елементом може бути ріжуча пластинка (рис. 5.2, а) (багатогранна непереточуєма твердосплавна

пластинка); різцева вставка (рис. 5.2, б); осьовий різальний інструмент з циліндричним хвостовиком (рис. 5.2, в); подовжувач з циліндричним хвостовиком (рис. 5.2, г), в якому закріплено різальний інструмент. Для заміни кожного ріжучого інструменту за допомогою цих способів кріплення витрачається від 20 до 30 с. У зв'язку з цим свердла, зенкери, розгортки, цековки та інший осьовий інструмент, застосовуваний в автоматизованому виробництві, мають хвостовики (рис. 5.3), конструкція яких відрізняється від стандартних.

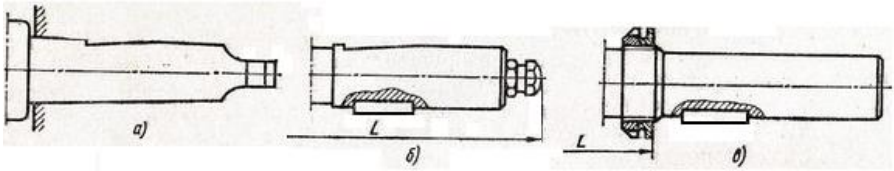


Рис. 5.3. Типи хвостовиків:

- а) конічний з лискою для затиску; б) циліндричний з регулювальним гвинтом; в) циліндричний з регулювальною гайкою і контргайкою

Конічний хвостовик з конусом Морзе забезпечує передачу крутного моменту на ріжучий інструмент, але для додаткового кріплення хвостовика в оправці на ньому вирізають лиску для затиснення гвинтом (рис. 5.3, а). Інструмент з циліндричним хвостовиком (рис. 5.3, б) дозволяє виробляти його швидке знімання з оправлення. Для передачі крутного моменту використовується шпонкові з'єднання. Від осьових переміщень хвостовик фіксується по лискам гвинтом. Регулювальний гвинт на торці інструменту використовують для його настройки поза верстатом на довжину L . Для регулювання довжини інструменту на верстаті передню частину хвостовика роблять з різьбленням, на якій встановлюють регулювальну гайку і контргайку (рис. 5.3, в).

Налаштування інструменту на потрібний розмір поза верстатом здійснюється на спеціальних пристроях. На рис. 5.4 приведена схема одного з них, призначеного для попереднього налаштування на розмір регульованих швидкозмінних різцевих вставок.

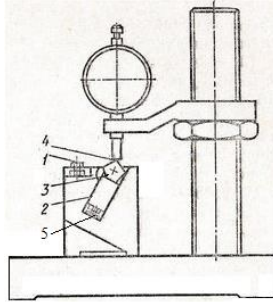


Рис. 5.4. Схема пристосування для настройки на розмір різцевих вставок

Пристосування у вигляді сталевого кубика, на бічних сторонах якого є точні пази 2 для установки в них різцевих вставок 3, встановлюють на стандартний індикаторний столик. Різцева вставка розташовується щодо вимірювального наконечника індикатора 4 так само, як вона встановлюється в робочому положенні на верстаті. Налаштування індикатора на нульове значення здійснюють по еталонному різцю або по сферичній голівці 1 регульовального еталонного гвинта. Довжина різцевої вставки регулюється за допомогою регульовального гвинта 5. Точність настройки 0,02-0,03 мм.

Змінні пластинки з твердого сплаву (рис. 5.5), що використовуються в інструментах для автоматизованого обладнання, являють собою інструмент певної форми (геометрії) і з поверхнями для установки і дроблення стружки. Чим більше крайок у пластинки, тим довше її можна використовувати, щоразу змінюючи сторону, яка затупилась. Для більшої стійкості до високої температури і механічного впливу, пластини покривають багат шаровими спеціальними сумішами.



Рис. 5.5. Приклади форм ЗБП

Випускаються моделі пластинок для різців (рис.5.6), фрез (рис.5.7), корпусних свердел (рис.5.8).

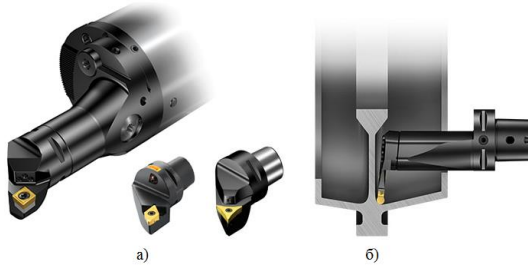


Рис.5.6. Приклади застосування ЗБП в різцях для точіння (а) і розточування (б)

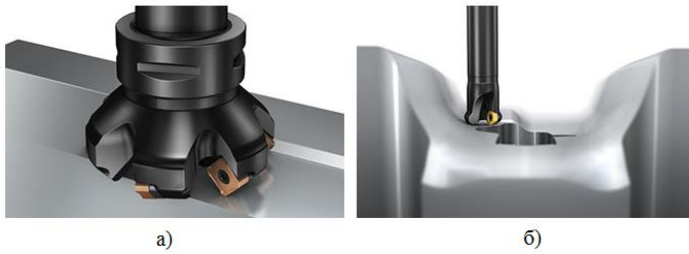


Рис.5.7. Приклади застосування ЗБП у фрезах для торцевого (а) і профільного (б) фрезерування



Рис.5.8. Свердло зі змінними пластинами (а), свердло зі змінними головками (б)

Можливості верстатів з ЧПУ по реалізації різних формотворчих рухів привело до створення нових інструментів. Так для нарізування різьблення на автоматизованих верстатах застосовують, як традиційний інструмент: мітчики, плашки, різьбонарізні і різьбонакатні голівки, так і одновиткові різьбофрези і твердосплавні різьбонарізні фрези.

Для нарізування різьблень фрезами на верстаті з ЧПУ використовують спіральну інтерполяцію, відповідну руху точки на різьбі болта або гайки при закручуванні. Одновитковими різьбофрезами (рис. 5.9) можна нарізати різьбу будь-якого діаметру до сотень міліметрів, як зовнішню, так і внутрішню, як ліву, так і праву, а також з будь-яким необхідним кроком, в тому числі і нестандартним, який вказується в керуючій програмі. Через малі навантаження на ріжучий зуб одновитковими різьбофрезами можна нарізати високоякісну різьбу навіть на малопотужних верстатах.

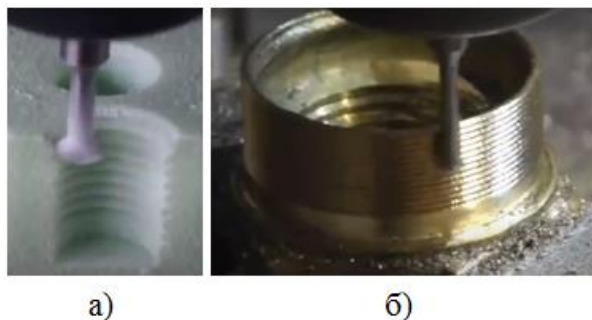


Рис. 5.9. Нарізування різьби одновитковою різьбофрезой: а) внутрішньої; б) зовнішньої

Різьбофрезами, крім нарізування різьблення, можливо зняття фаски. Однією фрезой виконують чорнове, проміжне і чистове нарізування різьблення. При використанні мітчиків на аналогічній операції потрібно 3 інструмента і зенківки для зняття фаски. Ще одна особливість різьбофрез - це відсутність необхідності застосування зворотного обертання шпинделя для виведення інструменту з отвору. За один оборот шпинделя одновитковими фрезами нарізають один виток різьби.

Багатовиткові різьбонарізні фрези нарізають різьбу відразу на всю глибину за один повний поворот фрези. Одна і та ж різьбонарізна фреза (рис.5.10) може застосовуватися для отворів, що мають різний діаметр, але однаковий крок різьблення. Так як нижня поверхня фрези є плоскою, вона може бути використана для нарізування різьблення в безпосередній близькості до нижньої частини глухого отвору. Застосування багатошарових покриттів на фрезах дозволяє обробляти деталі з різноманітних матеріалів. Оптимальна глибина різьблення, нарізувана фрезою, обмежується 2,5 діаметрами фрези. Це пов'язано з тим, що при нарізанні різьби великої довжини створюється великий тиск на бічну поверхню інструменту від радіальної сили, що призводить до відсакування ріжучої кромки від заготовки і появи на ній відколів.



Рис. 5.10. Багатовиткова різьбова фреза

На багатоцільових токарних верстатах один і той же інструмент може бути використаний при точінні зовнішньої поверхні, розточування внутрішньої і торцевому фрезеруванні (Рис.5.11).

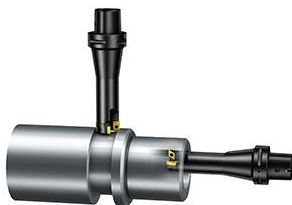


Рис. 5.11. Токарська обробка зовнішньої і внутрішньої поверхонь на багатоцільовому верстаті різцем однієї конструкції

Для кріплення різального інструменту на металорізальних верстатах використовується допоміжний інструмент.

Вимоги до допоміжного інструменту:

- точність, що забезпечує сталість положення інструменту в шпинделі верстата, на супорті або на приладі настройки інструменту;
- універсальність, що забезпечує установку різних інструментів;
- жорсткість, що дозволяє зберігати початкове положення інструменту при навантаженні в процесі різання;
- швидкозмінність, що сприяє скороченню часу настройки інструменту на обробку нової партії деталей;
- переналагодження, що дозволяє регулювати положення ріжучого інструменту;
- надійність, сприяє збереженню властивості інструменту за період терміну експлуатації.

Структура допоміжних інструментів:

- оправки (рис.5.12, а);
- цангові патрони (рис.5.12, б);
- перехідні втулки (рис.5.13, а);
- державки для патронів, розточувальних головок (рис.5.13, б).

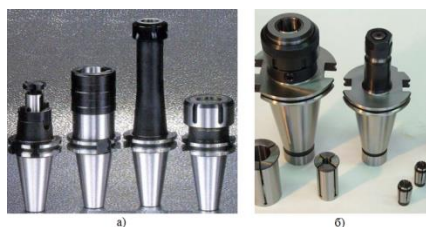


Рис. 5.12. Оправки для свердлильних верстатів (а), цангові патрони та змінні цанги (б)



Рис. 5.13. а) перехідні втулки; б) державки для розточувальних різців (1) і головок (2)

Оправки головним чином призначені для операцій з великими зусиллями різання, таких як торцеве фрезерування, фрезерування пазів дисковими фрезами, розточування отворів великого діаметру.

Елементом, що запобігає провороту ріжучого інструменту відносно оправки і передавальним крутний момент, є шпонка. Однак оправки не забезпечують хороше центрування інструменту, тому основне їх застосування - чорнові операції з видаленням основного обсягу матеріалу.

Краще центрування мають патрони, які використовуються для затиснення ріжучих інструментів невеликого розміру. Розрізняють патрони з механічним кріпленням ріжучого інструменту (для свердел, інструментів з конічними хвостовиками типу конусів Морзе, Whistle Notch, Weldon та ін.) і патрони з пружно-деформованою затискнуою частиною (цангові, гідромеханічні, гідропластові та ін.).

Найбільш часто для кріплення осьового інструменту з циліндричним хвостовиком на верстатах з ЧПУ використовують цангові патрони (рис. 5.12, б), що мають конічний отвір для установки змінних цанг. У цанзі затискається осьовий інструмент з циліндричним хвостовиком.

Основна перевага цангового патрона - здатність здійснювати закріплення широкого діапазону ріжучих інструментів за допомогою комплекту змінних цанг до одного і того ж патрону. Цанга справляє гарне центрування інструменту і надійне закріплення, проте погано збалансована для швидкісних методів обробки.

Конструкції допоміжного інструменту передбачають:

- спеціальні місця для захоплення автооператором при зміні;
- спеціальні елементи для кодування і пошуку інструменту (кодові кільця, кодові гребінки).

Точність обробки і продуктивність на автоматизованому обладнанні висувають високі вимоги і до пристроїв, в яких закріплюються деталі. На токарних верстатах - це патрони трьохкулачкові (рис.5.14, а), цангові (рис.5.14, б) та ін. На фрезерних - це лещата (рис.5.15, а), пристосування - супутники (рис. 5.15, б) та ін.

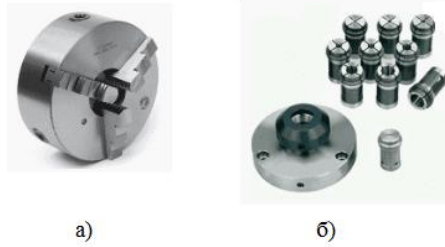


Рис. 5.14. Патрони: а) трьохкулачкові; б) цангові з набором цанг

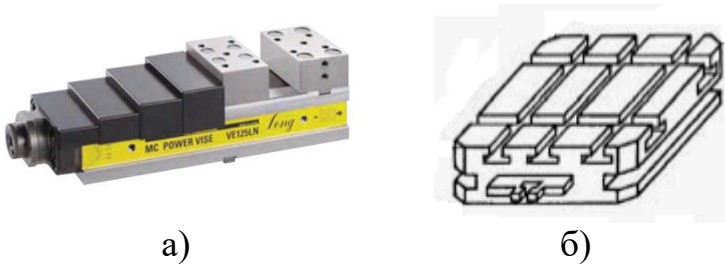


Рис. 5.15. Автоматизовані лещата (а) і пристосування-супутник (б)

Пристосування повинні бути:

- точними, що забезпечують мінімальні значення похибки базування і закріплення;
- жорсткими, що дозволяють максимально використовувати потужність верстата на чорнових операціях і забезпечувати високу точність на чистових;
- мати повне базування, що дозволяє здійснювати переміщення деталі в системі заданих координат відносно нульової точки верстата;
- забезпечувати вільний доступ інструменту до всіх поверхонь для їх обробки при одній установці деталі.
- переналагоджувані для забезпечення обробки широкої номенклатури виробів.

Типи автоматизованих пристосувань:

- стаціонарні;
- пристосування - супутники.

Види стаціонарних пристроїв:

- спеціальні (одноцільові непереналагоджувані);
- спеціалізовані (вузькоцільові, обмежено переналагоджувані);
- універсальні (багатоцільові, широко переналагоджувані).

Стандартні системи пристосувань:

- універсально-збірні;
- універсально-налагоджувальні;
- збірно-розбірні;
- спеціалізовані налагоджувальні.

Список використаних джерел:

1. Невлюдов, І.Ш. Виробничі процеси та обладнання об'єктів автоматизації [Текст]: Підручник для студентів вищих навчальних закладів / І. Ш. Невлюдов. Кривий Ріг: Криворізький коледж НАУ, 2017. – 444 с.

2. Головка, Д.Б. Автоматика та автоматизація технологічних процесів. /Д.Б.Головка, К.Г.Рого, Ю.О,Скрипник. –К.: Либідь, 1997. – 232с.

3. <https://www.sandvik.coromant.com/en-gb>

Тема 9

Транспортні пристрої автоматизованого виробництва

Транспортні пристрої в автоматизованому виробництві використовуються для переміщення заготовок з однієї робочої позиції на іншу, повороту заготовок для орієнтації, відведення стружки та ін.

Основними видами транспорту є крокові транспортери, підйомники, розподільні транспортери, маніпулятори, поворотні пристрої, транспортери для збирання стружки та ін.

Крокові транспортери зустрічаються наступних типів: з собачками, з прапорцями, грейфери, рейнерні, що штовхають і ланцюгові (рис. 6.1).

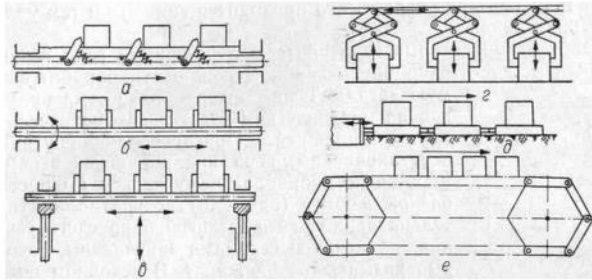


Рис. 6.1. Типи крокових транспортерів

Найбільшого поширення набули крокові штангові транспортери з собачками (рис. 6.1, а). При роботі вони роблять періодичний зворотно-поступальний рух.

Основною перевагою крокового транспортера з собачками є простота конструкції з використанням гідро- або пневмопривода. Недолік - відсутність фіксованої орієнтації деталі в кінці ходу транспортера і в процесі транспортування.

Крокові штангові транспортери з прапорцями (рис. 6.1, б) дозволяють орієнтовано фіксувати оброблювану деталь. На рис. 6.2 показаний приклад використання такого транспортера на механічній дільниці автоматичного заводу поршнів. Пристосування-супутники з встановленими на них поршнями переміщуються по направляючій рейці 1 шипоподібної форми штангою 5 круглого перетину, що

зворотно - поступально рухається і на якій секціями закріплені фасонні козирки - прапорці 4. У вихідному положенні круглої штанги фасонні козирки підняті. При переміщенні поршнів 3 штанга разом з прапорцями повертається на кут 45 в сторону рейки. Кожен виріз козирка охоплює одну плитку 2. При русі штанги вперед відбувається одночасно переміщення вперед чотирьох поршнів на одну позицію по всій лінії. Після цього штанга повертається у вихідне положення і робить зворотний хід. Поворот штанги і її осьове переміщення здійснюються двома гідравлічними циліндрами.

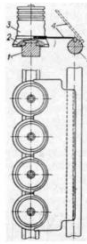


Рис. 6.2. Кроковий транспортер з прапорцями

Транспортери з прапорцями вимагають більш складного приводу, ніж транспортери з собачками: потрібно здійснити додатковий рух - обертання штанги, після якого штанга повинна бути замкнена і мимовільний поворот прапорців повинен бути виключений.

У грейферних крокових транспортерах (рис.6.1, в) штанга робить по черзі два зворотно-поступальних переміщення в перпендикулярних напрямках з чергуванням фаз. Оброблювані деталі переміщуються жорсткими прапорцями. Вони застосовуються тільки в тих випадках, коли підхід до захоплюючих деталей може бути проведений лише з певного боку, причому посадка деталей, що транспортуються, на позиціях така, що для переміщення з позиції на позицію транспортер повинен підняти деталь вгору.

Рейнерні крокові транспортери (рис.6.1, г) представляють собою ускладнений вид грейферних і мають аналогічну кінематику руху. Деталі переміщуються не прапорцями, а закріпленими на штангах захопленнями, розташованими зверху. Ці транспортери вимагають складних надбудов над лініями. Однак для автоматичних ліній, на

яких обробляються вали, застосування рейнерних транспортерів в ряді випадків виправдане.

Крокові транспортери, які штовхають (рис.6.1, д) є найпростішими. У них штовхач у вигляді штока гідро- або пневмоциліндра безпосередньо впливає на останню деталь із суцільної колони, яка при ході штовхача рухається одночасно за рахунок тиску один на одного впритул розташованих деталей. Для початку руху маси деталей з місця на додаток до основного товкача з великим ходом застосовують другий - допоміжний транспортер з коротким ходом. Недолік транспортерів, що штовхають, полягає в тому, що фіксація деталей колони внаслідок накопичення помилок лінійних розмірів не може відбутися одночасно. Доводиться фіксувати їх після відводу штовхача, починаючи з найдальшої від нього деталі. Через це подовжується цикл дії лінії. Однак, незважаючи на зазначений недолік, ці транспортери завдяки їх простоті знаходять широке застосування.

Ланцюгові транспортери (рис.6.1, е) використовуються в якості засобів безперервного транспорту, проте в якості крокових вони застосовуються лише в одиничних випадках. Базування деталей, що переміщуються ланками ланцюга, на позиціях майже нездійсненне. Можна тільки крок переміщення зробити більше відстані між позиціями і передбачити на позиціях лінії висувні упори. При цьому деталі, що вільно лежать на ланках ланцюга, завжди будуть дослані до упору.

Типові конструктивні схеми транспортерів-розподільників для переміщення деталей в зону завантаження на верстатах наведені на рис. 6.3.

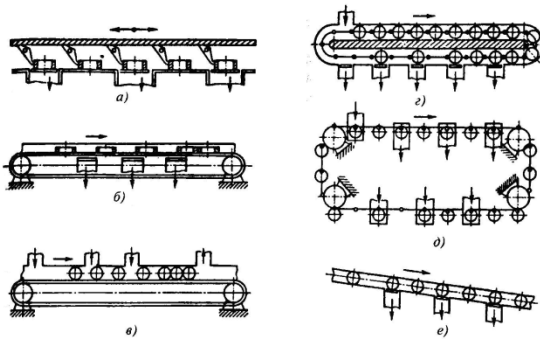


Рис. 6.3. Транспортери - розподільники

В системі, зображеній на рис. 6.3, а, транспортування деталей до вікон відведення до верстатів здійснюється шляхом проштовхування їх відкидними захватами по напрямних із застосуванням зворотно-поступального руху. При зворотному русі захоплення відкидаються, пропускаючи чергову деталь, а потім захоплюють їх, повторюючи цикл рухів.

На рис. 6.3, в представлена схема стрічкового транспортера для подачі деталей впритул з підпором, коли вони переміщуються до заслінок вікна видачі, при цьому стрічка прослизає під деталями. Транспортна стрічка виготовляється з прогумованого полотна, сталеві стрічки або різного роду ланцюгів.

Схема, показана на рис. 6.3, б, відрізняється від схеми на рис. 6.3, в тим, що деталі лежать тут торцем на стрічці і можуть прослизати тільки при наявності перешкоди у вигляді упорів або заслінки. На рис. 6.3, в при русі стрічки деталі контактують з нею і зі стінками лотка, в результаті чого вони можуть перекочуватися, а швидкість переміщення - зменшуватися. Деталі, що дійшли до упору, зупиняються, і стрічка транспортера прослизає під ними.

В системі, представленій на рис. 6.3, г, переміщення деталей відбувається рухом ланцюга тягового органу.

На схемі, наведеній на рис. 6.3, д, зображений штировий транспортер, в якому деталі типу кілець переміщуються підвішеними на штирі, в цьому випадку деталі транспортуються в просторі і знімаються в декількох місцях видачі.

Система з гравітаційним переміщенням виробів показана на рис. 6.14, е. Це лотковий транспортер, по якому вироби скочуються до вікон видачі.

Транспортні системи займають значне місце на площі цеху. Тому для компактного розташування верстатів і раціонального використання виробничих площ транспортери-розподільники розташовують над верстатами і для потрапляння на них деталей застосовують транспортери - підйомники.

На рис. 6.4 показана конструктивна схема ланцюгового елеваторного підйомника безперервної дії. Підйомник складається з корпусу 2, по кінцях якого змонтовані натяжні 11 і приводні 1 зірочки. Через них перекинуті два паралельні ланцюга 13 з захопленнями 10, виконаними у вигляді перекладин. Залежно від числа прийомних 1 лотків ланцюг забезпечується потовщеними перекладами для приводу механізму, що синхронізується через одну, дві і т.д. ланки ланцюга. Робочі гілки ланцюгів проходять між напрямними пластинами. У верхній частині корпусу є лоток видачі 16, а в нижній - один або кілька лотків прийому 4, розташованих один над одним. Лотки прийому забезпечені відсікачами 5, укріпленими на загальному валу і пов'язаними пружними в поздовжньому напрямку тягами 6 і 7, одна з яких з'єднана з важелем 9, вільно укріпленим на осі. Цей важіль має відросток, пов'язаний сережкою 8 з важелями 12, також вільно укріпленими на іншій осі. Під час роботи підйомника в прийомні лотки 4 вироби надходять під дією власної сили тяжіння і затримуються лівими відсікачами. Стовщена перекладина ланцюга 10 відхиляє ліве плече важеля 9 вгору. Внаслідок цього важіль 12 відхиляється вниз, назустріч руху поперечини. Одночасно відсікачі 5 повертаються на певний кут і пропускають в підйомник по одному виробу з кожного лотка. Решта виробів затримуються відсікачами. Вироби, що потрапили в підйомник задовго до приходу захоплень, орієнтуються на язиці 14 і відкидний собачці 15, спираючись на стінку корпусу підйомника.

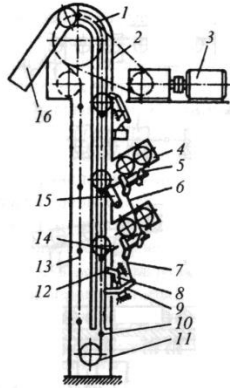


Рис.6.4. Транспортёр - підйомник елеваторного типу

Коли потовщена перекладина виявляється за важелем 9, вона відхиляє важіль 12 і, тим самим, ставить відсікачі 5 в попереднє положення; при цьому відсікачі пропускають чергові вироби. При подальшому русі ланцюга вироби, що знаходяться в підйомнику, транспортуються в лоток видачі до транспортеру-розподільнику.

Приклад компонування токарної ділянки по виробництву зовнішніх і внутрішніх кілець підшипників в автоматичному цеху показаний на рис.6.5.

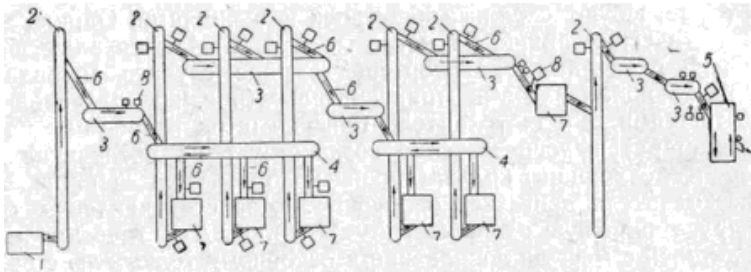


Рис. 6.5. Компонування токарної ділянки автоматичного цеху по виготовленню підшипників.

Заготовки кілець завантажуються в автоматичний бункер 1 (рис.6.5), з якого підйомником 2 піднімаються в орієнтованому

положенні до розташованої вгорі транспортної системи. По лотках 6 і відповідному конвеєру 3 заготовки подаються в транспортер-розподільник 4, який розподіляє заготовки з кількох паралельно працюючих металорізальних автоматів 7 (на 1-й операції - по трьом автоматам). Минулі першу стадію обробки заготовки знову піднімаються підйомниками 2 в верхню транспортну систему і через відповідні конвеєри 3 надходять на транспортер-розподільник 2-й операції, який обслуговує два металорізальних автомата 7 і т. д. В кінці ділянки оброблені кільця надходять в автоматичний магазин 5.

Автоматичний бункер працює з темпом (5 сек), що значно перевищують темп випуску виробів з ділянки металорізальних верстатів (20 сек), тому протягом невеликого часу транспортер-розподільник наповнюється кільцями. При підході до входу в транспортер поковки включають контактний датчик 8, який відключає підйомник і автоматичний бункер. Подача заготовок не відбувається до тих пір, поки в транспортері-розподільнику не з'являться вільні комірки для прийому кілець. При досягненні необхідної кількості кілець агрегати включаються в роботу автоматично, що виключає холості ходи.

В умовах автоматизованого виробництва для видалення стружки застосовуються такі автоматизовані системи:

1) автономні конвеєри, які виносять стружку від верстатів до загального магістрального конвеєра, встановлений поза виробничого обладнання;

2) магістральний конвеєр, вбудований безпосередньо в виробничу систему.

Вибір того чи іншого принципу відведення стружки залежить від конкретних умов роботи автоматизованого обладнання (форми і розмірів стружки, застосування або відсутності ЗОР, необхідність повернення супутників і т.д.).

Транспортні конвеєри для прибирання стружки бувають механічними, пневматичними, гідравлічними і магнітними.

До механічних конвеєрів відносяться стрічкові зі сталеву або прогумовану стрічкою, скребкові, йоржеві, вібраційні, шнекові.

Стрічкові конвеєри (рис. 6.6, а) мають високу продуктивність, можуть транспортувати стружку на великі відстані, прості за конструкцією, безшумні і економічні в роботі. До недоліків цього

типу конвеєрів можна віднести швидкий знос стрічки 1 і те, що частина стружки несеться холостою гілкою стрічки під раму 2.

Скребокві конвеєри застосовують для транспортування дрібної роздробленої стружки. Вони бувають двох видів: нескінченна стрічка 1, на якій розташовані скребки (рис. 6.6, б), і штанга 2 зі скребками, що здійснюють зворотно - поступальні переміщення (рис. 6.6, в). Скребокві конвеєри дають можливість транспортувати стружку під значним кутом нахилу і ефективно працюють при перенесенні стружки на невеликі відстані.

Йоржеві конвеєри (рис. 6.6, г) представляють собою металевий жолоб 3 з привареними шипами. Всередині жолобу здійснює зворотно - поступальний рух штанга 2 з йоржами 1.

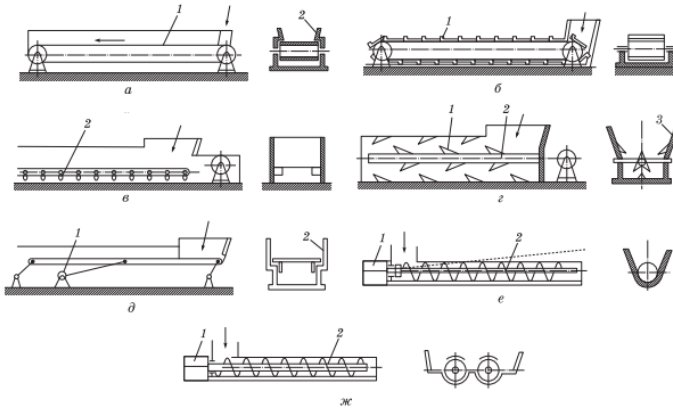


Рис.6.6. Механічні транспортери для відводу стружки

При русі справа наліво (робочий хід) штанга йоржами захоплює стружку і проштовхує її вперед. При русі зліва направо (холостий хід) штанга прослизає по стружці, яка утримується шипами жолоба. Найбільш ефективний цей тип конвеєра при транспортуванні крученої або зливної стружки.

Для прибирання стружки використовуються також вібраційні транспортери (рис. 6.6, д), які складаються з ринви на пружних упорах 2, що здійснює вібраційний рух, і механічного або електромагнітного

вібропривіду 1. Вони однаково ефективно використовуються для транспортування як дрібної, так і крученої стружки.

Шнекові конвеєри (рис. 6.6, е, ж) складаються з металевого жолоба, в якому розташовується гвинт 2, який одержує обертання від приводу 1. При обертанні гвинт проштовхує стружку по жолобу. Ці конвеєри виконуються з одним гвинтом - одношнекові (е) або двома - двохшнекові (ж). Шнекові конвеєри надійно і ефективно працюють з будь-яким видом стружки.

Пневматичні пристрої для видалення стружки бувають з нагнітальною, всмоктувальною і всмоктувально - нагнітальною системами.

У нагнітальній системі (рис. 6.7, а) стружка вводиться в трубопровід 4 з воронки 2 за допомогою шлюзового затвора 3, що перешкоджає проходу повітря в воронку. Повітряний потік, створюваний повітродувною установкою 1, захоплює стружку по трубопроводу 4. Повітряний потік має надлишковий тиск 0,03 ... 0,04 МПа і швидкість до 25 м / с.

У всмоктувальній системі (рис. 6.7, б) стружка засмоктується через воронку 2 за допомогою повітряного потоку, створюваного в трубі 3 вакуум насосом або вентилятором 1. Потік повітря створюється за рахунок розрідження до 0,055 МПа, і його швидкість досягає 5 ... 65 м / с.

У всмоктувально - нагнітальній системі (рис. 6.7, в) стружка засмоктується з воронки 2 за рахунок розрідження, що утворюється потоком повітря, що нагнітається 1. Видалення стружки за допомогою пневматичних пристроїв рекомендується застосовувати, якщо в процесі обробки заготовок утворюється пилоподібна стружка.

При використанні гідравлічних пристроїв стружка з кожного верстата 2 змивається сильним струменем ЗОР і надходить в загальний жолоб 1, по якому рухається до збірки 5 (рис. 6.7, г). У збірнику 5 ЗОР відділяється від стружки і подається насосом 4 по трубі 3 назад до верстатів. Стружка конвеєром 6 виноситься в тару.

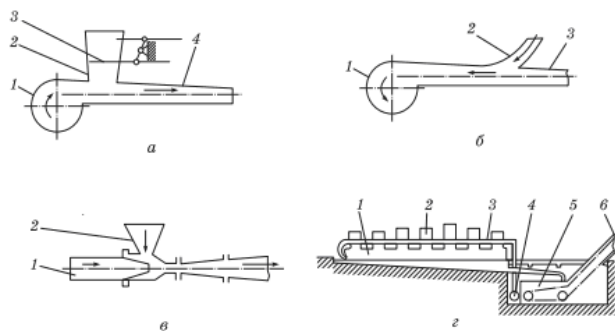


Рис. 6.7. Пневматичні і гідравлічні транспортери для відводу стружки

Магнітні пристрої призначені для видалення дрібної, розміром до 3 мм, стружки зі сталі, чавуну або інших магнітних матеріалів. Їх виготовляють у вигляді магнітних сепараторів або магнітних конвеєрів. У магнітних сепараторах верстатів для абразивної обробки магнітний барабан використовується як для очищення ЗОР, так і для видалення стружки і шламу (рис. 6.8, а). Зняття захоплених магнітним полем феромагнітних частинок з поверхні барабана здійснюється за допомогою скребка.

Магнітні конвеєри призначені головним чином для відводу дрібної стружки від зуборізних верстатів, пил і т.п. При цьому магніти можуть бути закріплені стаціонарно (рис. 6.8, б) або переміщатися разом з цапфами роликів ланцюгів, які рухаються по напрямних рейках з боків корпусу конвеєра. Стружка переміщається уздовж аркуша з магнітного матеріалу, який закриває внутрішню частину конвеєра.

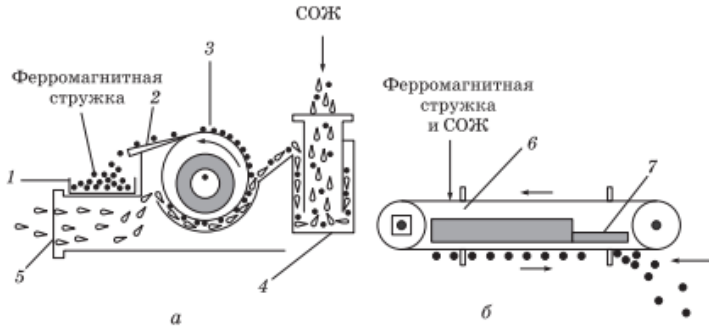


Рис. 6.8. Схеми роботи магнітного сепаратора (а) і магнітного конвеєра (б):
 1 - сміттєзбірник; 2 - скребок; 3 - магнітний барабан; 4 - відстійник; 5 - слив очищеної ЗОР; 6 - магнітна плита; 7 - допоміжна магнітна плита

Список використаних джерел:

1. Невлюдов, І.Ш. Виробничі процеси та обладнання об'єктів автоматизації [Текст]: Підручник для студентів вищих навчальних закладів / І. Ш. Невлюдов. Кривий Ріг: Криворізький коледж НАУ, 2017. – 444 с.

2. Головка, Д.Б. Автоматика та автоматизація технологічних процесів. /Д.Б.Головка, К.Г.Рого, Ю.О,Скрипник. –К.: Либідь, 1997. – 232с.

Тема 10

Завантажувально - орієнтувальні пристрої

Автоматизація завантаження металорізальних верстатів, контрольних, складальних і спеціальних технологічних автоматів є однією з найбільш складних завдань по автоматизації виробничих процесів.

Аналіз діючих технологічних процесів механічної обробки різанням, проведений ЕНІМС, показав, що від 20 до 70% допоміжного часу для дрібних і середніх виробів і від 50 до 70% для великих виробів займають установка і зняття виробів зі станка. Автоматизація завантаження дозволяє перетворити просте обладнання в автоматичне і досягти скорочення допоміжного часу, що витрачається на установку і зняття виробів.

Ознайомлення з різними типами завантажувальних пристроїв показує, що вони складаються з наступних цільових механізмів: бункерів, магазинів, лотків, відсікачів, живильників та автоматичних орієнтувальних пристроїв (для вторинного орієнтування).

У бункерний завантажувальний пристрій деталі засипаються навалом і займають в ньому довільні положення. Винос деталей з навалу може здійснюватися примусово спеціальними механізмами по одній або по кілька штук з одночасним наданням їм первинної орієнтації. Примусовий винос виконується кишенями, гачками, лотками або лопатями. Застосування тих чи інших пристроїв для винесення деталей з навалу визначає тип бункера.

Кишеньковий бункер (рис. 6.9) складається з кожуха 2, диска 1 з кишенями, відвідного лотка 3 і приводу - черв'ячної передачі 4. При обертанні диска 1 в розташовані внизу кишені западають заготовки, які піднімаються вгору і випадають через отвір в корпусі в приймальний лоток 3. Привід дискових кишенькових бункерів здійснюється через запобіжний пристрій. Зірочка 7, що сидить на приводному валу, обертається з постійною кутовою швидкістю і, зачіпаючи за виступи важелів 5 і 8, повідомляє обертання диску з кишенями 1.

При переповненні лотка диск впирається краєм кишені в деталь, яка виступає з лотка 3. Завдяки наявності скосів важелів 5 і 8 під дією виникаючих зусиль розходяться і ковзають по вершинах зубів зірочки.

При цьому диск 1 після зупинки отримує невеликий відхід назад, в результаті якого звільняється затиснута деталь.

Кишені на диску можна розташовувати різними способами. Спосіб розташування деталей значно впливає на продуктивність кишенькового бункера, так як впливає на величину коефіцієнта заповнення, а також на допустиму величину швидкості обертання диска.

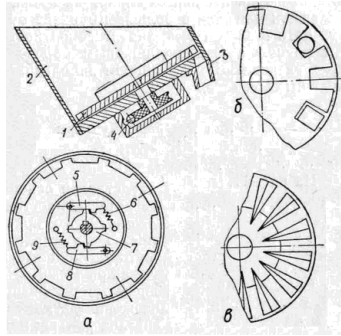


Рис. 6.9. Кишеньковий бункер

При розташуванні кишень по хорді (рис. 6.9, а) їх кількість невелика. При тому ж діаметрі диска, що обертається і тієї ж окружної швидкості кількість кишень, а, отже, і продуктивність бункера можна значно збільшити, якщо розташувати кишені радіально, як показано на рис. 6.9, в. Для того щоб змусити деталі розташовуватися радіально і, отже, збільшити коефіцієнт заповнення, на днище роблять радіальні виступи. Для завантаження деталей з довжиною меншою за величину, ніж діаметр, кишенькам надається форма, показана на рис. 6.9, б.

Гачкові бункери мають порівняно обмежену сферу застосування. Вони можуть здійснювати тільки завантаження деталей з внутрішніми отворами - типу втулок або ковпачків. Основний тип бункера з гачками на периферії показаний на рис. 6.10. На обертовому диску 3 закріплені гачки 4, які забирають деталі в нижньому положенні з завантажувального простору кожуха бункера 6 і піднімають їх вгору. При переході через верхнє положення, на лівій стороні бункера, деталі заходять в приймач 2 у вигляді трубчастого

лотка з розрізом, крізь який вільно проходить діаметр стрижня гачка 4. У приймальнику деталь зісковзує з гачка, випереджає його і випадає в трубчастий лоток 1. Якщо приймач переповнений, гачок з черговою деталлю впирається в деталі, що знаходяться в ньому, і завдяки запобіжній прослизуючій муфті (рис.6.10, а) диск зупиняється до спорожнення приймача. Надходження деталей з предбункера в бункер регулюється заслінкою 5.

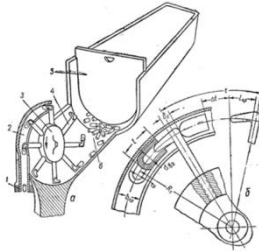


Рис. 6.10. Гачковий бункер

Гачки або штирі можуть розташовуватися на торці диска, що обертається (рис. 6.11, а) і внутрішньої поверхні обертового кільця 4 (рис. 6.11, б). Для того щоб деталі не стрибали зі штирів раніше, ніж потрібно, вони підтримуються планкою 2. Як тільки деталі минуть цю планку, вони зісковзують з штирів і потрапляють в розташований нижче відвідний лоток 1. Якщо лоток переповнений, деталі потрапляють назад в завантажувальний простір бункера. На рис. 6.11, в показаний бункер з одним штирем, який поступально рухається. При русі вгору штир 4 нанизує на себе деталь з числа розташованих в кожусі бункера 5 і, піднімаючись, заводить її в відвідний лоток 3. На кінці відвідного лотка 3 на пружинах 2 укріплені собачки 1, які перешкоджають випаданню деталей з лотка назад в бункер.

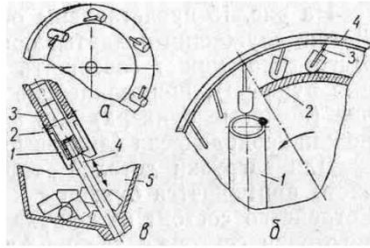


Рис. 6.11. Способи розташування гачків і штирів

Крім примусового вилучення деталей з навалу в завантажувальному пристрої вони можуть виноситися під дією сили тяжіння, тертя, інерції. При цьому на виході з бункера деталі рухаються безперервним потоком.

У трубчастих бункерах винос деталей з навалу здійснюється за рахунок їх власної ваги. Трубчасті бункери не потребують механізмів для скидання зайвих деталей, так як переповнення трубки не викликає ніяких затримок в роботі. Крім того, вони відрізняються простотою конструкції і можуть легко переналагоджуватись на інший вид деталей.

Існує кілька конструктивних форм бункерів з орієнтацією деталей западанням в трубку (рис. 6.12), які розрізняються по виду руху (обертальний, зворотно-поступальний) і по тому, яка частина пристрою робить ці рухи - кожух або трубка.

Основний тип - бункер з обертовою трубкою - рекомендується застосовувати для середніх розмірів деталей (рис. 6.12, а). Пристрій з обертовим кожухом (рис. 6.12, б) дає кращі результати на відносно малих деталях. При нерухомих корпусі і трубці деталі з бункера можна виносити обертовим штифтом - ворушителем, як це показано на рис. 6.12, в. Такий бункер володіє вищою продуктивністю і застосовується для відносно великих деталей. Бункер із розрізною трубкою, яка рухається зворотно-поступально (рис. 6.12, д) придатний для завантаження деталей типу пластин. У бункері із трубкою, яка зворотно-поступально рухається (рис. 6.12, г), або кожухом (рис. 6.12, е) деталі западають в трубку при збігу їх осей. Якщо трубці, крім зворотно-поступального руху, надати ще й обертальний (рис. 6.12, ж),

то ймовірність западання деталей в трубку значно збільшиться. Оптимальними значеннями кута нахилу днища кожуха є $40 - 50^\circ$.

Діаметр отвору трубки, що обертається, дуже впливає на продуктивність бункера. Імовірність западання деталі з навалу в отвір трубки пропорційна площі отвору трубки, тобто квадрату діаметра трубки. До того ж збільшення отвору трубки покращує умови западання деталі, так як збільшується плече, на якому сила тяжіння повертає деталь навколо краю трубки всередину її. Тому діаметр отвору трубки слід вибрати максимально можливим. Однак його збільшення обмежується двома умовами:

- 1) діаметр отвору трубки не повинен дозволяти деталі повертатися в таке становище, при якому можливе заклинювання;
- 2) діаметр отвору трубки не повинен допускати одночасного потрапляння в трубку двох деталей.

Заклинювання деталі в трубці можливо в тому випадку, якщо деталь повернеться в положення, при якому діагональ її поздовжнього перерізу АВ утворює з перпендикуляром до поверхні трубки кут, рівний (або менше) кутку тертя.

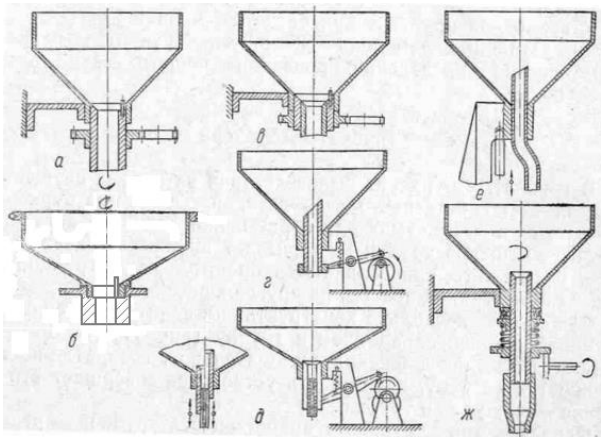


Рис. 6.12. Конструкції трубчастих бункерів

Бункери з фрикційним диском (рис. 6.13, а) застосовують для подачі плоских деталей типу дисків, кілець, фланців, ланок ланцюга і т. п. У бункері 2 є вихідний отвір, прикритий козирком 3, який

сполучається з лотком 1, розташованим по дотичній до диска 4. Деталі, засипані в бункер, захоплюються обертовим фрикційним диском 4 і проштовхуються силою тертя в вихідний лоток 1. Деталі в бункері 2 контактують не тільки з диском бункера, але і з його бічною стінкою. Тому, якщо сила тертя між деталями і стінками бункера виявиться рівною або більше сили тертя об дно бункера, проштовхування в лоток не відбудеться, деталі будуть прослизати щодо дна і бункер працювати не буде.

При конічній формі бункера (рис. 6.13, б) деталі в загальній масі утворюють клин і діють на його стінки з більшою силою, ніж на дно.

Для завантаження оброблених деталей більш сприятлива циліндрична форма бункера (рис. 6.13, в). Для необроблених деталей рекомендуються форми бункера, наведені на рис. 6.13, г, д. В обох бункерах передбачена зона А, відокремлена горизонтальною або похилою стінкою В, що забезпечує розвантаження бічної стінки від складової сили ваги всієї маси деталей.

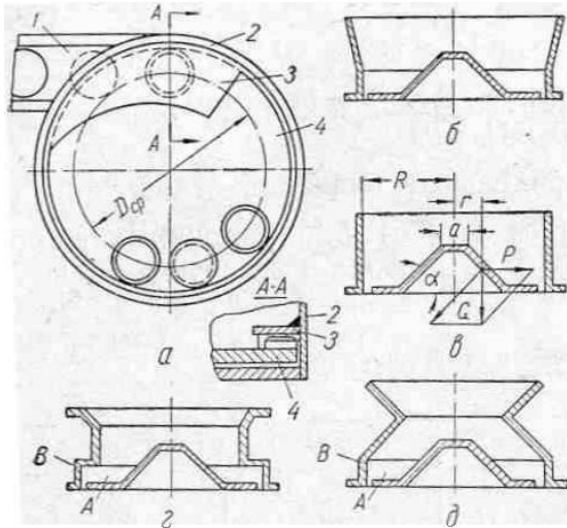


Рис. 6.13. Фрикційні бункери

Завантажувальні пристрої, в яких заготовки знаходяться в орієнтованому положенні, виконаному вручну, називаються магазинними (рис.6.14).

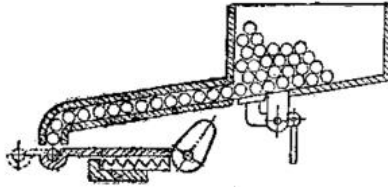


Рис.6.14. Магазинний завантажувальний пристрій

Магазинні пристрої застосовують для заготовок, орієнтування яких утруднено через геометричні форми, розміри, маси. Магазины бувають лоткові і ящикові.

Лоткові магазини представляють собою заповнені деталями лотки, за якими деталі під дією власної ваги або зовнішньої сили переміщуються до живильника. Для збільшення ємності лотки часто виконують криволінійними або спіральними.

Існує кілька схем розташування магазину і поживного механізму (завантажувача) по відношенню до робочого шпинделя у верстатах, що мають вільний простір для їх розміщення вгорі або позаду верстата (рис. 6.15).

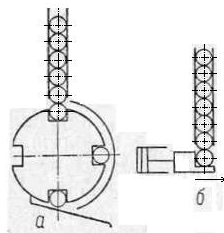


Рис. 6.15. Лоткові магазини

У лотковому магазині, показаному на рис. 6.15, а, завантажувальний пристрій виконаний у вигляді диска, що

обертається, який переносить в своїх гніздах деталь з нижнього кінця лотка на лінію центрів і далі в положення видалення з верстата. При своєму обертанні диск виконує роль не тільки транспортувального пристрою, але і живильника, так як верхня поверхня диска служить опорою для деталей, що лежать в лотку. Тому весь пристрій виходить дуже простим. Основний недолік такої системи полягає в тому, що передавальний і завантажувальний механізми завжди залишаються у робочому просторі верстата, схильні до засмічення стружкою і можуть заважати її вільному видаленню. Такі пристрої застосовуються тільки в шліфувальних верстатах.

Застосовуючи транспортний механізм, який горизонтально переміщається (рис. 6.16, б), що передає деталь з лотка на лінію центрів верстата, можна також обійтися без спеціального відсікача. Крім того, повертаючись з робочого простору верстата, механізм не заважає вільному відходу стружки.

При використанні ящиків магазинів (рис. 6.16) слід враховувати явище сводоутворення, що виникає через зависання деталей. Для руйнування склепінь використовують ворушитель у вигляді важеля, що хитається. На схемі, показаної на рис. 6.16, а, ворушитель 4 через паз в магазині 3 руйнує склепіння над отвором лотка. При утворенні склепінь у верхній частині магазину застосовують розвантажувальний конус 2, який має в поперечному перерізі форму ромба, і встановлений всередині магазину 1 (рис. 6.16, б). Ворушитель може встановлюватися в отвір, виконаний на дні магазину (рис. 6.16, б). При гойдальному русі важеля 3 деталі, розташовані на ньому і поблизу нього, приходять в рух і перешкоджають утворенню склепінь.

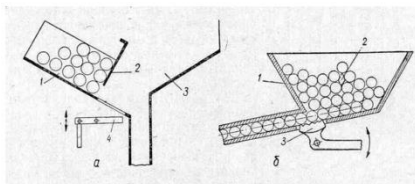


Рис. 6.16. Ящикові магазини

Для швидшого завантаження магазину деталями застосовують так звані касети 1 (рис. 6.16, а), які заповнюються поза магазином. При закладанні касети 1 в магазин і відкриванні заслінки 2 деталі пересипаються з касети в магазин, не втрачаючи орієнтації.

В автоматичних завантажувальних пристроях велику увагу приділяють також транспортним операціям, так як при автоматизації завантажувальних операцій деталі слід не тільки орієнтувати, а й подати на робочу позицію автоматичного верстата чи іншої робочої машини в необхідному положенні. При цьому для переміщення виробів використовуються лотки.

Рух по лотках під дією власної ваги відбувається ковзанням або коченням. Тому розрізняють два види лотків: сковзали і скати. Перетин лотка залежить від форми деталі і способу її орієнтування.

Основні типи лотків-сковзал представлені на рис. 6.17. Лотки з кутовим перетином (рис. 6.17, а) застосовуються для транспортування деталей уздовж осі і добре орієнтують їх в осьовому напрямку. Однак в них виникають підвищені опору переміщенню деталей внаслідок наявності кута між бічними стінками. Тому лотки з таким перетином повинні бути нахилені під великим кутом. Кутові лотки виготовляють цільні з стандартного кутового заліза або зі смуг. У останніх кут між стінками може бути великим і опір тертю меншим. Вони застосовуються для транспортування великих і важких деталей.

Лотки трубчастого перетину (рис. 6.17, б) можуть бути круглі і напівкруглі. Круглі лотки робляться жорсткими з трубопрокату і гнучкими з дроту у вигляді пружин або гумового шланга. У трубчастих лотках переміщаються стрижневі деталі уздовж осі. Гнучкі лотки трубчастого перетину застосовуються там, де потрібно змінювати напрямок лотка.

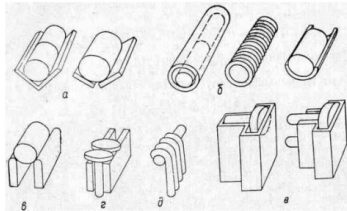


Рис. 6.17. Лотки-сковзали

Лотки-скати (рис. 6.18) для дискових (рис. 6.18, а) і стрижневих (рис. 6.18, б) деталей мають форму коробчастого перетину. Закриті лотки характеризуються наявністю верхніх закраїн; відкриті цих закраїн не мають. Закриті лотки застосовують для транспортування по вертикалі і по похилій під кутом понад 10° , а також при великій довжині маршруту, коли є небезпека витріщання деталей вгору.

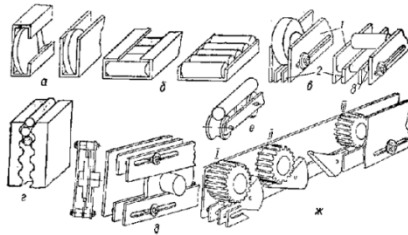


Рис. 6.18. Лотки-скати

Лотки закритого типу виконують у формі змійок (рис. 6.18, г). Лотки-змійки уповільнюють швидкість руху деталей і частково розвантажують нижню деталь від тиску верхніх.

Для переміщення стрижневих деталей з роликового лотка уздовж своєї осі (рис. 6.18, е) потрібно значно менший кут нахилу, ніж в аналогічних лотках-сковзалах, що дозволяє обмежити місце, займане лотками по висоті, і полегшити обслуговування всього пристрою.

Широке застосування знаходять лотки, які збираються з нормалізованих елементів, що включають поліровані бічні смуги-стілки 1 (рис. 6.18, в, д) і несучі рейки 2. Розмір поперечного перерізу лотка визначають і регулюють установкою проміжних дистанційних трубок 8. Складання лотка здійснюють на стандартних болтах, гайках і шайбах. Стружки і сторонні предмети, які зазвичай скупчуються в лотках закритого типу, видаляють через відкрите дно лотка. Важливою перевагою цього лоткового пристрою є можливість вносити зміни в основні розміри і конфігурацію лотків; для цього досить замінити дистанційні трубки і застосувати більш довгі або коротші сполучні болти.

Деталі, що мають по колу зуби або шліци, схильні зчіплюватися в лотку, внаслідок чого переміщення їх під дією власної ваги утруднено. Для їх переміщення використовують лотки спеціальної конструкції (рис. 6.18, ж). Якщо деталі займають позиції I і II, то чергова деталь, що рухається вниз по лотку, поверне шарнірний противаг позиції III і, підійшовши до п'яти позиції II, зупиниться. Коли деталь, яка займає позицію I, покине її, противаг цій позиції повернеться навколо свого шарніра, що дасть можливість деталі, що займає позицію II, і всім наступним за нею деталям пересунутися вперед на одну позицію. Цей процес повторюється в міру надходження в лоток наступних деталей.

Для переміщення деталей під дією сил інерції використовують вібраційні лотки-транспортери. Основні вимоги до них полягають в строгої сталості амплітуди коливань жолоби по всій його довжині і в надійної віброізоляції.

Лотки-транспортери з електромагнітними вібраторами можуть будуватися одномасними і двомасними (рис. 6.19). У одномасному вібрототку жолоб 1 (рис. 6.19, а) встановлюється на похилих пружинах 2, і система налаштовується в білярезонансний режим. Спрямована підвіска (пружили 2) забезпечує сталість амплітуди A по довжині жолоба і її напрямком під кутом β до горизонту, званому кутом кидання. Якір 3 електромагнітного вібратора кріпиться до жолобу, а електромагніт 4 - до нерухої основи.

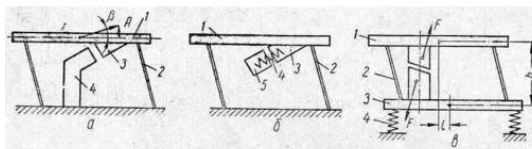


Рис. 6.19. Схеми лотків з електромагнітними вібраторами

Жорстке кріплення одномасного резонансного лотка до основи верстата викликає досить відчутні коливання останнього, що обмежує область його застосування. Крім того, при жорсткій резонансній підвісці в місцях закладення пружин виникають значні згинальні моменти. Тому жолоби лотків повинні володіти значною жорсткістю і, отже, мати невелику довжину.

Для зниження вібрації і зменшення необхідної жорсткості жолоба його встановлюють на м'якій (зарезонансній) підвісці. В лотках цього типу використовують двомасну схему (рис. 6.19, б), що дозволяє здійснити білярезонансний режим. Однією масою є жолоб 1, встановлений на плоских похилих пружинах 2 незначною жорсткості, інший - електромагніт 5 вібратора. Електромагніт з'єднаний з жолобом за допомогою пружин 4, розрахованих на роботу в резонансному режимі. Якір 3 жорстко кріпиться до жолобу. У такій двомасній системі амплітуди коливань жолоба і електромагніту обернено пропорційні масам. Для отримання необхідної амплітуди коливань транспортуючого органу і зменшення зазору в електромагніті його масу доводиться збільшувати, а так як для корисної роботи може бути використана тільки одна з тих мас, які вагаються, то вага транспортера виходить значною і можливе виникнення шкідливих крутильних коливань. Для усунення цього застосовують врівноважену конструкцію, в якій маси 1 і 3 з'єднані плоскими пружинами 2 (рис. 6.19, в). Система встановлюється на амортизаторах 4. Вібратор створює дві рівні протилежно спрямовані підбурюючі сили F , прикладені до мас 1 і 3. Для того щоб повністю виключити можливість появи шкідливих крутильних коливань навколо центра ваги системи, що порушують сталість амплітуди коливань по довжині жолоба, слід поєднати центри тяжкості обох мас, які вагаються.

Для лотків-транспортів може застосовуватися і будь-який інший привід, наприклад, пневматичний, або комбінація з двох типів приводів. Закон коливань лотка є асиметричним, тому переміщення деталей по лотку може здійснюватися навіть при порушенні коливань паралельно осі лотка. Паразитні коливання, властиві лоткам на похилих пружинах, тут відсутні.

Подача заготовок в затискні пристрої верстата здійснюється живильним механізмом, який забирає заготовки з магазину і через певні інтервали подає їх в робочу зону. Цикл роботи живильного механізму строго узгоджений і відповідає циклу роботи верстата.

Магазинні і бункерні пристрої орієнтують заготовки в просторі, а живильний механізм орієнтує їх у часі.

Живильні механізми зустрічаються двох типів: відсікачі і завантажувачі.

Відсікач (рис. 6.20) відокремлює від загальної маси по одній деталі, яка далі самопливом надходить до робочого місця. Відсікач

необхідний, якщо в процесі транспортування заготовки потрібно змінити її положення або напрямок руху, а також у випадках, коли заготовки важкі, щоб виключити дію ваги всіх заготовок на живильник.

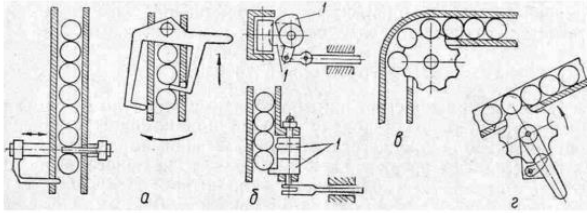


Рис. 6.20. Типи відсікачів

По пристрою розрізняють три види відсікачів: штифтові, кулачкові та барабанні.

Штифтові відсікачі (рис. 6.20, а) можуть мати прямолінійний зворотно-поступальний або рух, що гойдає. В обох випадках робота відсікача зводиться до почергової дії двох штифтів: один утримує чергову заготовку, а інший - всі інші. Штифти розташовуються паралельно один одному на відстані, що дорівнює розміру заготовки.

Штифтові відсікачі мають той недолік, що в одному з положень (нейтральному) при недостатній швидкості відсікача можливо прослизання декількох заготовок. Другим недоліком штифтових відсікачів є невисока продуктивність (100 - 120 заготовок в хвилину), так як швидкість відсікання не може бути більшою за мінімальну швидкість руху заготовок.

У кулачковому відсікачі (рис. 6.20, б) замість штифтів використовується пара кулачків 1, встановлених під деяким кутом так, що при обертанні один з них випускає деталь, а інший утримує інші.

Барабанні (рис. 6.20, в, г) або дискові відсікачі представляють собою різного роду диски з виїмками під заготовки. Їх робота зводиться до того, що при поверненні на деякий кут диск захоплює заготовку і подає її, одночасно утримуючи інші. Швидкість дії цих відсікачів залежить від приводного механізму і швидкості переміщення заготовок. Ці відсікачі працюють більш спокійно, ніж штифтові.

Завантажувачі здійснюють подачу заготовки в зону закріплення на верстаті. Найбільшого поширення набули шибєрні завантажувачі, що використовують зворотно - поступальний рух повзуна. Основні різновиди їх представлені на рис. 6.21. Коли повзун шибєрного завантажувача 1 відведено в початкове положення (рис. 6.21, а), приймальне гніздо знаходиться проти отвору магазину. У цьому положенні повзуна деталь западає в приймальне гніздо. При русі повзуна деталь переноситься до затискного пристосування на верстаті, потім повзун здійснює зворотний хід, приймальне гніздо знову встановлюється проти отвору лотка або магазину, відбувається западання наступної деталі, і цикл повторюється.

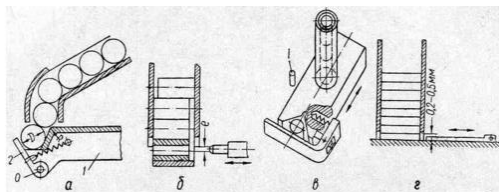


Рис. 6.21. Шибєрні завантажувачі

Щоб шибєрні завантажувачі правильно і надійно працювали, точку O шарніра губки, що відкидається 2, слід поміщати правіше центру деталі, що знаходиться у виїмці, так як при цьому кут відхилення губки виходить меншим, ніж при лівому розташуванні. Кут, утворений верхньою площиною корпусу 1 і похилою стінкою виїмки, повинен бути закруглений ($R > 0,15D$) і добре відполірований. Частина завантажувача, де знаходиться виїмка, роблять змінної із загартованої сталі.

Шибєрний завантажувач у вигляді качалки (рис. 6.21, б) має заточку по діаметру отвору втулки. Довжина заточки не повинна перевищувати величину діаметра, так як довга заточка надмірно збільшує хід завантажувача. Кінець заточування має конічну частину для кращого попадання в отвір деталі. Центр качалки повинен стояти вище центру деталі, щоб при виштовхуванні не пошкодити лоток. Однак діаметр штовхача повинен бути таким, щоб при вході його в отвір втулки зверху залишався достатній зазор *e*.

Для деталей типу валиків використовується шиберний завантажувач, що подає деталі до робочого місця в вертикальному положенні (рис. 6.21, в). При відході завантажувача в початкове положення губка, що відкидається, наштовхується на упор 1 і відкривається, розтягуючи пружину; зів завантажувача стає досить великим для того, щоб чергова деталь вільно увійшла в нього. При русі завантажувача вперед затискна губка відходить від упору і, притягується пружиною, злегка затискає деталь, перешкоджаючи її випаданню під дією власної ваги.

Шиберні завантажувачі також можуть використовуватися для подачі плоских заготовок (рис. 6.21, г). Товщина плоского штовхача повинна бути на 0,2 - 0,5 мм менше товщини деталі, яка виштовхується.

Крім завантажувачей зі зворотно-поступальним рухом застосовують завантажувачі з обертовим рухом. Мотильовий завантажувач (рис. 6.22, а) повертається на деякий кут, необхідний для перенесення заготовки з магазину 1 на лінію центрів верстата І-І.

Барабанні дискові завантажувачі представляють собою диск з прийомними гніздами, який обертається в одному напрямку і по черзі підводить прийомні гнізда до вихідного вікна магазину, де в них западають заготовки (рис. 6.22, б). Барабан повертається храповим або мальтійським механізмом на частину обороту, і заготовки переносяться на робочу позицію. Барабан може мати і безперервний обертальний рух як, наприклад, в торцешліфувальних верстатах (рис. 6.22, в). Револьверний дисковий завантажувач (рис. 6.22, г) застосовують для подачі кілець на плоскошліфувальний верстат. На диску є отвори, в які потрапляють кільця і подаються на стіл верстата. Після закінчення обробки диск повертається і кільце випадає з отвору в лоток. Також револьверні завантажувачі застосовуються на пресах. Широке застосування знаходять універсальні живильники типу автоматичних рук з програмним управлінням (автооператори). На рис. 6.22, д показана принципова схема механічної руки для завантаження токарного верстата деталями 4 типи валиків з конвеєра 3. Хобот 1 може всуватися і висуватися з корпусу 2, який, в свою чергу, може переміщатися по вертикальному напрямку вгору і вниз і повертатися на деякий кут (зазвичай на 180°) навколо своєї осі.

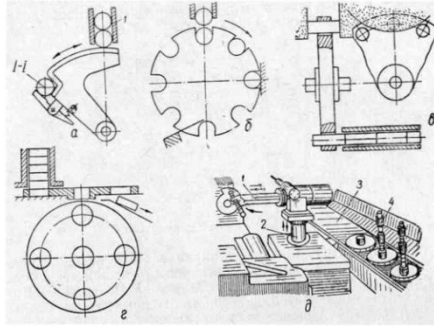


Рис. 6.22. Типи завантажувачів

Величина переміщення в горизонтальній і вертикальній площинах, а також кут повороту встановлюються за допомогою системи програмного управління, яка аналогічна системі, яка застосовується для металорізальних верстатів. При необхідності живильник обладнають блокуваннями, що дають команду на зупинку попереднього верстата при відмові від прийому наступного.

Список використаних джерел:

1. Проць, Я.І. Автоматизація виробничих процесів. Навчальний посібник для технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. / Я.І.Проць, В.Б.Савків, О.К.Шкодзінський, О.Л.Ляшук. – Тернопіль: ТНТУ ім. І.Пулюя, 2011. – 344с.

Тема 11

Промислові роботи. Класифікація

Завдання промислового виробництва, пов'язані із забезпеченням точності і швидкості виконуваних рухів для переміщення заготовок при обробці на металорізальних верстатах, вирішуються за допомогою таких механізмів як маніпулятори і роботи. Їх застосування дозволяє автоматизувати допоміжні операції при комплексній автоматизації. Системи і комплекси, автоматизовані за допомогою роботів, прийнято називати роботизованими.

Згідно ГОСТ 25686-85: «Маніпулятор - це керований пристрій або машина для виконання рухових функцій, аналогічних функціям руки людини при переміщенні об'єктів в просторі, оснащена робочим органом», «Промисловий робот - автоматична машина, стаціонарна або пересувна, що складається з виконавчого пристрою у вигляді маніпулятора, що має кілька ступенів рухливості і пристрій програмного управління для виконання у виробничому процесі рухових і керуючих функцій ». Відмінність маніпуляторів від роботів полягає в кількості виконуваних функцій. Засноване це на тому, що маніпулятори не програмуються, а налаштовуються на певний цикл. Роботи ж виконують рухи відповідно до заданої програми.

В основу роботи робота закладено виконання механічних дій, подібних тим, які виробляє людина, яка виконує фізичну роботу.

Роботи набули найбільшого поширення в промисловості, перш за все в машинобудуванні. Призначені для цієї мети пристрої називають промисловими роботами (ПР).

Промислові роботи можуть мати різну конструкцію, що визначається завданнями, що стоять перед ними. Однак на даний момент найбільш поширеними видами подібних пристроїв є роботизовані маніпулятори (рис. 7.1).

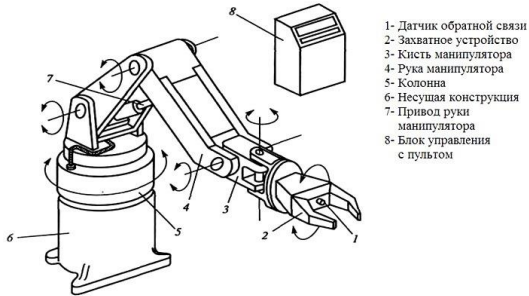


Рис. 7.1. Схема робота - маніпулятора

Вони складаються з двох основних частин: виконавчих систем (захватний пристрій, кисть маніпулятора, рука маніпулятора, колона, привід руки маніпулятора) і інформаційно-керуючої системи з сенсорною системою (блок управління з пультом, датчики).

Виконавчі системи включають механічну систему і системи приводів. Механічна система маніпулятора - це кінематичний ланцюг, що складається з рухомих ланок з кутовим або поступальним переміщенням, який закінчується робочим інструментом або загарбним пристроєм.

У розвиток робототехніки виділяють 3 етапи, яким відповідає поява роботів відповідного покоління.

Технічний прогрес у розвитку роботів спрямований, перш за все, на вдосконалення систем управління. Перші промислові роботи мали програмне управління, в основному запозичене у верстатів з числовим програмним управлінням. Ці роботи отримали назву роботів першого покоління. Вони працюють по «жорстко» задану програмою з координатами положення об'єктів обслуговування.

Друге покоління роботів - це роботи, забезпечені сенсорними системами, головними з яких є системи технічного зору. Роботи другого покоління не вимагають точного позиціонування об'єктів (заготовок, деталей).

Роботи третього покоління - це інтелектуальні роботи. Вони самостійно приймають рішення в залежності від умов зовнішнього середовища для досягнення кінцевої мети. Інтелектуальний робот - це робот конкретного призначення, в основних функціональних системах якого використовуються методи штучного інтелекту, що дозволяє

розширити сферу застосування робототехніки практично на всі сфери людської діяльності.

Роботи класифікуються за такими ознаками.

1. По області застосування:

- технологічні роботи, які виконують основні технологічні операції (зварювальні, фарбувальні);
- допоміжні роботи, призначених для виконання допоміжних технологічних операцій з обслуговування основного технологічного устаткування (транспортування, завантаження заготовок).

Технологічні роботи відносяться до основного технологічного устаткування, а допоміжні - до засобів автоматизації.

2. За ступенем універсальності:

- спеціальні;
- спеціалізовані;
- універсальні.

Спеціальні роботи призначені для виконання однієї конкретної технологічної операції (наприклад, зварювання, нанесення покриттів, певна складальна операція або обслуговування певної марки технологічного обладнання).

Спеціалізовані роботи можуть виконувати кілька однотипних операцій (складальний робот зі змінними робочими інструментами, робот для обслуговування певного типу технологічного устаткування і т.п.).

Універсальні роботи можуть виконувати різні основні і допоміжні операції в межах їх технічних можливостей.

3. За типом приводу:

- електромеханічні;
- гідравлічні;
- пневматичні;
- комбіновані.

4. За вантажопідйомності:

- надлегкі - промислові роботи номінальною вантажопідйомністю до 1 кг;
- легкі - промислові роботи номінальною вантажопідйомністю св. 1 до 10 кг;
- середні - промислові роботи номінальною вантажопідйомністю св. 10 до 200 кг;

- важкі - промислові роботи номінальною вантажопідйомністю св. 200 до 1000 кг;

- надважкі - промислові роботи номінальною вантажопідйомністю св. 1000 кг.

5. За кількістю ступенів рухливості:

- з двома ступенями рухливості;
- з трьома ступенями рухливості;
- з чотирма ступенями рухливості;
- зі ступенями рухливості більше чотирьох.

6. По можливості пересування:

- стаціонарні;
- рухливі.

Стаціонарним є ПР, встановлюваний нерухомо по відношенню до обладнання, яке він обслуговує.

Рухомим є ПР, який має можливість пересування щодо обладнання, яке він обслуговує.

7. За способом установки на робочому місці:

- підлогові;
- підвісні;
- вбудовані.

До складу підвісного робота може входити пристрій для його установки, наприклад, портал або колона.

Вбудованим є ПР, вбудований або прилаштований до обладнання, яке він обслуговує.

8. За видом систем координат:

- прямокутна декартова;
- циліндрична;
- сферична;
- кутова.

9. За видом управління:

- програмне управління (циклове, позиційне, контурне);
- адаптивне управління (позиційне, контурне).

До ПР з програмним управлінням відносять роботи, керуюча програма яких має сукупність наступних ознак:

а) містить команди виконавчому пристрою, що відносяться тільки до його рухів, безпосередньо пов'язаних з виконанням ПР функцій згідно з його призначенням;

б) команди виконавчому пристрою є заздалегідь встановлені завдання, які регламентують його рухи за ступенем рухливості;

в) послідовність виконання команд виконавчим пристроєм є постійною або змінюється в функції від контрольованих параметрів зовнішнього середовища, ідентифікованих за наявністю або відсутністю сигналів одного або декількох вимірювальних пристроїв або інших вхідних сигналів (як правило, релейного типу).

До промислових роботів з адаптивним керуванням відносять промислові роботи, забезпечені вимірювальними пристроями для сприйняття зовнішнього середовища і з керуючою програмою, яка має будь-які з наступних ознак або їх сукупністю:

а) містить команди виконавчому пристрою, пов'язані не тільки безпосередньо з виконанням функцій промислового робота відповідно до призначення, але і з метою пристосування до умов, що змінюються при виконанні технологічного процесу (наприклад, обходу перешкод, які з'являються нерегулярно);

б) містить команди, що визначають правила формування завдань, що регламентують рухи виконавчого пристрою, за інформацією про поточний стан зовнішнього середовища;

в) послідовність виконання команд виконавчому пристрою може змінюватися в залежності від стану зовнішнього середовища, що ідентифікується за допомогою спеціальних алгоритмів обробки інформації з відповідних вимірювальних пристроїв.

10. За способом програмування:

- програмовані навчанням;
- програмовані аналітично.

11. За кількістю маніпуляторів:

- один;
- два;
- три;
- чотири.

Кількість маніпуляторів залежить від призначення роботів.

12. За виконанням:

- нормальні;
- пилозахисні;
- теплозахисні;
- вологозахисні;
- вибухобезпечне.

Виконання роботи залежить від зовнішніх умов, в яких він повинен функціонувати.

13. За швидкістю:

- мала - до 0,5 м / с;
- середня - від 0,5 до 1-3 м / с;
- висока - понад 3 м / с.

Швидкістю маніпулятора визначається швидкістю переміщення його робочого органу і характеризує динамічні властивості роботи.

14. За точністю:

- мала - від 1 мм і більше;
- середня - від 0,1 до 1 мм;
- висока - менше 0,1 мм.

Точність маніпулятора характеризується похибкою позиціонування. Найменшу точність мають роботи, призначені для грубих робіт (транспортування), найбільшу - роботи, які використовуються в електронній промисловості.

Список використаних джерел:

1. <https://www.universal-robots.com/in/blog/impact-of-robotics/>

Тема 12

Маніпуляційні системи і робочі органи

Залежно від завдань, що вирішуються за допомогою маніпуляторів, для переміщення виконавчого органу використовуються чотири основні системи координат.

Маніпулятори, використовувані в кутовій системі координат, виробляють тільки кутові переміщення (рис. 7.2).

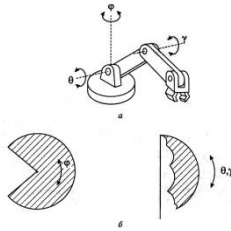


Рис. 7.2. Маніпулятор з кутовою системою координат (а) і його робоча зона (б)

Всі ланки маніпулятора являють шарніри, тому роботів з такими маніпуляторами називають шарнірними.

Маніпулятори, що працюють в прямокутній системі координат (рис. 7.3) мають робочу зону в формі паралелепіпеда. Тут всі переміщення тільки поступальні.



Рис. 7.3. Маніпулятор з прямокутною системою координат (а) і його робоча зона (б)

У маніпуляторах, що працюють в циліндричній системі координат (рис. 7.4) поряд з поступальними переміщеннями здійснюється одне кутове переміщення (по колу). Відповідно, робоча зона обмежена циліндричними поверхнями.



Рис. 7.4. Маніпулятор з циліндричною системою координат (а) і його робоча зона (б)

У сферичній системі координат (рис. 7.5) здійснюються одне поступальне і два кутових переміщення. Робоча зона обмежена сферичними поверхнями. Маніпулятори з такою системою координат складніші, ніж з циліндричною системою, проте компактніше.

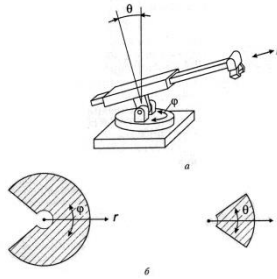


Рис. 7.5. Маніпулятор зі сферичною системою координат (а) і його робоча зона (б)

Представлені на рис. 7.2 - 7.5 маніпулятори мають в кожній системі координат по 3 ступеня рухливості. При необхідності збільшення їх кількості використовуються різні комбінації розглянутих вище основних типів систем координат.

На практиці широке застосування знаходять такі конструкції роботів:

1. Шарнірні роботи.

Шарнірні роботи (рис. 7.6) в роботі нагадують рух людської руки, що виконуються обертальними кінематичними парами щодо керованих осей. Це дозволяє виконувати просторові переміщення зі складною траєкторією. Шарнірні роботи з відповідними робочими насадками використовуються в якості зварювальних, фарбувальних для автомобільних кузовів, фрезерних. Монтаж шарнірного робота найчастіше проводиться на підлозі, однак зустрічаються варіанти монтажу на стіну або стелю. Радіус дії шарнірних роботів може досягати до кількох метрів, а вантажопідйомність більше 1 тонни.



Рис. 7.6. Шарнірний робот

Декартові і портальні роботи.

В декартових роботах використовується прямокутна система координат з трьома лінійними осями керування. Кожна з них знаходиться під прямим кутом до двох інших. Якщо одна з ланок, яка вчиняє горизонтальне переміщення, має підтримку на обох кінцях ланки, то такий декартовий робот називається портальним (рис. 7.7). Так як декартові роботи мають тільки лінійні переміщення, то для програмування використовуються нескладні тригонометричні функції. Вони застосовуються для укладання продукції в палети, монтування різних компонентів на заготовлю і виконання інших операцій. Змінні захоплення дозволяють даного типу пристроям працювати з різними видами вантажів. Характеристики портальних роботів можуть бути

абсолютно різноманітними і залежать від обраних лінійних сервоприводів і механічної частини.



Рис. 7.7. Портальний робот

2. Дельта-роботи

Дельта-роботи (рис. 7.8) - один з видів паралельних роботів, відмінною рисою яких є трикутна платформа з трьома шарнірними важелями. Завдяки трикутній платформі робот отримав свою назву, так як візуально вона схожа на букву грецького алфавіту « Δ - дельта». Особливістю конструкції маніпулятора є використання паралелограмів, що дозволяє зберігати просторову орієнтацію виконавчого пристрою робота. Основною перевагою дельта-роботів є їх висока швидкість переміщення за рахунок мінімальної інерції, що досягається тим, що важкі двигуни розміщені на нерухомій підставі, рухаються тільки важелі і нижня платформа, які виготовляють з легких композитних матеріалів.



Рис. 7.8. Дельта-робот

3. Роботи SCARA (Selective Compliance Articulated Robot Arm)

Роботи SCARA (рис. 7.9) представляють шарнірну конструкцію з виборчою піддатливістю маніпулятора. Він володіє піддатливістю по осях X-Y, і є жорстким по осі Z. У такій конструкції поєднуються властивості схем кутової і циліндричної систем координат. SCARA - це чотиривісні роботи, які рухаються по осях X-Y-Z і обертаються навколо осі Z. Конфігурація SCARA унікальна і розроблена для виконання різних операцій по штабелюванню деталей і укладанні на палети, подачі деталей на захватні механізми, обслуговування конвеєрів, загвинчування гвинтів та ін.

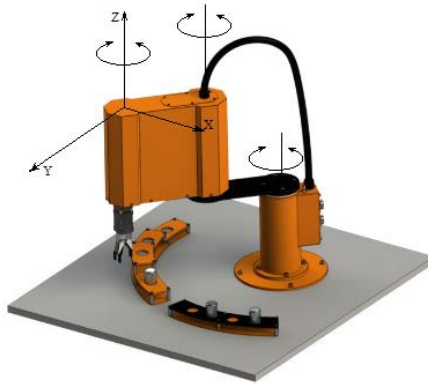


Рис. 7.9. Робот SCARA

Важливим при роботі робота є те, що завдяки своїй конструкції, маніпулятор може витягнутися, розпрямивши «лікоть», а може згорнутися, звільнивши займаний простір. Це зручно при роботі в обмеженому просторі, і коли деталі переміщуються з одного виробничого модуля в інший. Кінематика SCARA заснована на важільній системі, що забезпечує переміщення кінцевої ланки в площині за рахунок обертального приводу важелів механізму.

У робота SCARA відсутні нахил і згинання, тому для тих областей застосування, де необхідні ці рухи, додаються механізми, що забезпечують додаткові рухи за умови, що робот SCARA буде відповідати вимогам до вантажопідйомності.

Як правило, роботи SCARA мають робочий простір циліндричної форми (рис. 7.10), при цьому відмінності полягають в діаметрі і глибині циліндра. Загальна довжина першого і другого маніпуляторів визначає діаметр кола, в той час як довжина ходу по осі Z визначає глибину циліндра.



Рис. 7.10. Простір роботи робота SCARA

Для виконання робочих операцій в якості робочого органу використовується захоплення або багатоцільовий інструмент на кінці маніпулятора з дозуючими пристроями або викрутками. Вага та інерція виконавчого органу, а також деталі визначають максимальну вантажопідйомність і вимоги до інерції, які повинні знаходитися в межах експлуатаційних характеристик робота

4. Мобільні роботи.

Мобільні роботи в даний час активно використовуються як внутрішньоцеховий транспорт, на автоматизованих складах (рис. 7.11).



Рис. 7.11. Мобільний робот

Вони мають можливість автономного безпечного руху по території виробничих приміщень за рахунок застосування датчиків і засобів навігації.

5. Колаборативні роботи (коботи).

Колаборативні роботи (рис. 7.12) можуть безпечно працювати в безпосередній близькості від людини без установки захисної огорожі. Вони оснащуються системою «комп'ютерного зору», яка відстежує переміщення працівників. Як тільки людина потрапляє в робочу зону робота, той сповільнюється до безпечної швидкості, а якщо працівник підходить надто близько - механізм зупиняється. Колаборативні роботи застосовуються на виробництві, яке не можна повністю автоматизувати. Виготовляються коботи на базі шарнірних роботів. Вони можуть бути «дворуким», щоб краще копіювати маніпуляційні здатності людини і легше інтегруватися в існуючий виробничий процес без необхідності його перебудови. Адаптивна точність колаборативних роботів дозволяє їм ефективно працювати в напівструктурованих середовищах, використовуючи вбудовану систему машинного зору.

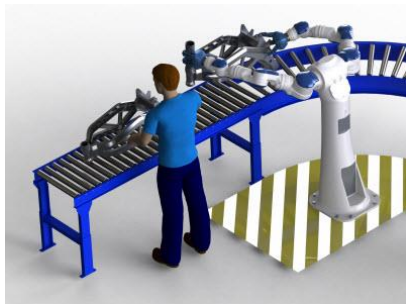


Рис. 7.12. Колаборативний шарнірний робот

Для руху виконавчих органів маніпуляторів в роботах найчастіше використовуються розімкнуті кінематичні ланцюги з рухливо з'єднаних ланок. Сусідні ланки утворюють обертальні і поступальні кінематичні пари. Але поряд з цим застосовуються і більш складні кінематичні схеми руху маніпуляторів за допомогою керованої деформації (рис. 7.13). При використанні набору сферичних дисків (рис. 7.13, а) через центральний отвір і 4 отвори по периферії пропущені троси, кінці яких з одного боку закріплені на останньому (верхньому) диску, з іншого боку нижні кінці периферійних тросів попарно приєднані до двох приводів. Їх обертання викликає деформацію всієї конструкції і переміщення робочого органу цієї маніпуляційної системи. Центральний трос з'єднаний внизу з пружиною, що здійснює за рахунок натягу, центрування всієї системи дисків. Послідовне з'єднання декількох таких наборів дисків зі своєю системою приводів дозволяє створювати маніпуляційні системи типу хобота, здатні приймати хвилеподібні просторові конфігурації і переміщати робочий орган при наявності перешкод і обмежень.

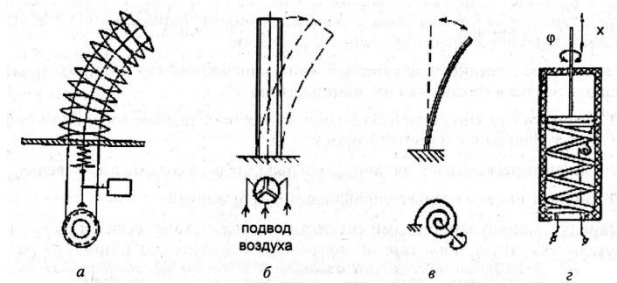


Рис. 7.13. Кінематичні схеми пристроїв з керованою деформацією

Пристрій, що аналогічно просторово згинається, може бути виконано на пневматиці (рис. 7.13, б). Воно складається з трьох жорстко скріплених еластичних трубок. Верхній кінець трубок закритий, а знизу підведене стиснене повітря. При однаковому тиску у всіх трубках пристрій знаходиться у вертикальному положенні. При різних значеннях тиску в трубках воно згинається в бік трубок з меншим тиском. Як і в попередньому пристрої, послідовне з'єднання таких секцій зі своєю системою подачі повітря дозволяє отримувати більш складні просторові конфігурації з перегинами.

У маніпуляційних системах також використовують біметалічні елементи, що деформуються при нагріванні шляхом пропускання електричного струму (рис. 7.13, в). У першому випадку реалізується поступальне переміщення кінцевої ланки, у другому - обертальне. Маніпуляційні системи складаються з таких послідовно з'єднаних елементів.

При використанні металевих сплавів з ефектом пам'яті форми спочатку деформують стрижень з такого матеріалу, а потім його нагрівають до певної температури. Після цього деформація зникне, а при охолодженні стержня вона відновиться. Вид руху стрижня залежить від форми його деформування. Рухомий елемент у вигляді пружини при нагріванні електричним струмом здійснює поступальне (x) або обертальне (φ) переміщення в залежності від виду попередньої деформації пружини (рис. 7.13, г).

Спільною особливістю наведених на рис. 7.13 схем є те, що їх елементи активні, тобто в них рухома ланка маніпулятора поєднана з

приводом. Інша пов'язана з цим же особливістю - ці схеми не мають кінцевого числа ступенів рухливості.

Безпосередня взаємодія маніпуляторів з об'єктами зовнішнього середовища здійснюється за допомогою робочих органів. Вони діляться на захватні пристрої і спеціальний інструмент. Робочі органи можуть бути постійними і знімними, в тому числі з можливістю їх автоматичної заміни в ході виконання технологічної операції.

Захватні пристрої, або схопи, призначені для того, щоб брати об'єкт, утримувати його в процесі маніпулювання і звільнити після закінчення цього процесу. Вони є аналогом кисті руки людини. Існують наступні основні типи схопів:

- механічні;
- пневматичні;
- електромагнітні.

Прості механічні двохпальцеві схопи нагадують плоскогубці, забезпечені пневматичним приводом (рис. 7.14).

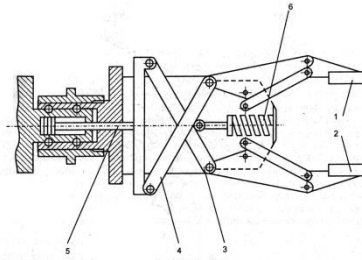


Рис. 7.14. Двохпальцевий схоп: 1; 2 - пальці (губки); 3; 4 - важільна передача; 5 - шток пневматичного двигуна (пневмоциліндра); 6 - поворотна пружина

Залежно від об'єктів переміщення застосовують схопи з 3, 4 і рідше з великим числом пальців. На рис. 7.15 показаний пневматичний схоп з 5-ю гнучкими надувними пальцями. При подачі стисненого повітря вони вигинаються за рахунок різної жорсткості в перетинах, захоплюючи предмети, що знаходяться в їх зоні. У найбільш поширеному типі вакуумного захватного пристрою використовуються вакуумні присоски, які утримують об'єкти за рахунок розрядження повітря при його відсмоктуванні з порожнини між присоскою і захоплюваним об'єктом. Для захоплення об'єктів

складної форми застосовують вакуумні хватні пристрої з декількома присосками.

Схопи часто оснащують контактними датчиками, датчиками прослизання, зусилля і дистанційними датчиками (ультразвуковими, оптичними та ін.), які виявлятимуть предмети поблизу схопу і між його пальцями.

Магнітні хватні пристрої використовуються для взяття феромагнітних об'єктів. У роботах знайшли застосування в основному хватні пристрої з електромагнітами, але є пристрої і з постійними магнітами. Для звільнення захопленого предмета вони забезпечені спеціальними механічними виштовхувачами.

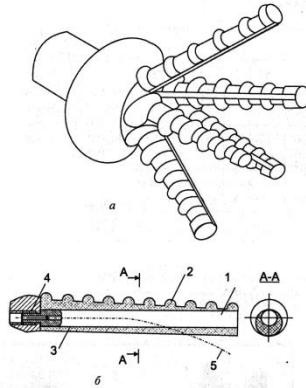


Рис. 7.15. Пневматичний схоп з 5-ю гнучкими надувними пальцями: а - зовнішній вигляд; б - розріз пальця; 1 - тонкостінна частина; 2 - гофри; 3 - товстостінна частина; 4 - підведення повітря; 5 - деформація осі пальця при подачі стисненого повітря

У випадках, коли об'єктом маніпулювання є робочий інструмент, за допомогою якого робот виконує основні технологічні операції (нанесення покриттів, зварювання, закручування гайок, зачистка поверхонь і т. п.), він безпосередньо кріпиться до маніпулятора. При цьому до інструменту необхідно забезпечити підведення енергії або будь-якого робочого тіла. Для фарбувального робота - це фарба і повітря до пульверизатора, для зварювального робота - зварювальний струм до зварювальних кліщів при точковому зварюванні або дротяний електрод, газ і охолоджуюча вода при

дуговому зварюванні і т. д. Для цього розробляється спеціальна конструкція всього маніпулятора.

Рух виконавчих механізмів роботів забезпечується за допомогою різних приводів, до яких пред'являються наступні вимоги:

- вони повинні вбудовуватися в виконавчі системи робота і систему пересування;

- їх габарити і маса повинні бути мінімальними;

- в перехідних процесах коливання повинні бути відсутніми;

- швидкість переміщення виконавчих органів не повинна впливати на точність їх кінцевого положення.

У роботах знайшли застосування всі відомі типи приводів: електричні, гідравлічні і пневматичні; з поступальним і обертальним рухом; регульовані (за матеріальним становищем і швидкістю) і нерегульовані; замкнуті (зі зворотним зв'язком) і розімкнуті; безперервної і дискретної дії (в тому числі крокові).

Рух виконавчих органів при використанні пневматичних приводів здійснюється за допомогою пневмоциліндрів. До їх недоліків відносять погану керованість. Тому вони використовуються в основному як нерегульовані з цикловим управлінням. Пневматичні приводи характеризуються високими швидкостями переміщень елементів робота, тому для її зниження застосовуються демпфери. Пневматичні приводи застосовують тільки в роботах з вантажопідйомністю до 20кг.

Гідравлічні приводи (приводний елемент гідроциліндр) найбільш складні і дорогі в порівнянні з пневматичними і електричними. Однак при потужності 1000 Вт і вище вони мають найкращі масогабаритні характеристики і тому є основним типом приводу для важких і надважких роботів. Гідравлічні приводи добре управляються і мають високоякісні динамічні характеристики.

Електричний привід, незважаючи на його хорошу керованість, простоту підведення енергії, більший к.к.д. і зручність експлуатації має гірші масогабаритні характеристики, ніж пневматичний і гідравлічний приводи. Основна область застосування електричних приводів в робототехніці - це роботи середньої вантажопідйомності (десятки кілограм), легкі роботи з високоякісним управлінням і мобільні роботи.

Електроприводи для роботів в загальному випадку включають електродвигун, постачаний датчиками зворотного зв'язку по

положенню і швидкості, механічну передачу, гальмо, муфту (для захисту двигуна від перевантаження) і пристрій керування.

В робототехніці і в деяких інших видах техніки з інформаційно-вимірювальних систем в особливу групу виділяються системи, що видають аналогічно органам почуттів живих істот інформацію про навколишнє зовнішнє середовище. Вони називаються сенсорними системами, а їх датчики відповідно сенсорами.

За властивостями і параметрами сенсорні системи роботів можна розділити на наступні групи:

1) системи, що дають загальну картину навколишнього середовища з подальшим виділенням її окремих об'єктів;

2) системи, що визначають різні фізико-хімічні властивості зовнішнього середовища і її конкретних об'єктів;

3) системи, що визначають координати місця розташування робота і параметри його руху, включаючи координати щодо об'єктів зовнішнього середовища.

До сенсорних систем першої групи відносяться системи технічного зору та різного типу локатори. Друга група сенсорних систем найбільш різноманітна: вимірювачі геометричних параметрів, щільності, температури, оптичних властивостей, хімічного складу і т. д. Третя група визначає параметри, які стосуються самого робота: його географічні координати в просторі від супутникових систем до тих, що використовують магнітне поле Землі, вимірювачі кутових координат, переміщення і швидкості, в тому числі і щодо окремих об'єктів зовнішнього середовища аж до фіксації дотику з ними.

Сенсорні системи, які обслуговують маніпулятори, утворюють дві групи: системи, які входять в контур управління рухом маніпулятора, і системи, що дають почуття його робочому органу. У число останніх систем, зокрема, часто входять розміщені біля робочого органу маніпулятора системи технічного зору і датчики зусиль. Сенсорні системи, що використовуються в системах пересування робота, підрозділяються на системи, що забезпечують навігацію в просторі, і системи, що забезпечують безпеку руху (запобігання зіткнень з перешкодами, перекидання на ухилах, попадання в неприпустимі для робота зовнішні умови і т. п.). Важливим параметром сенсорних систем є дальність дії. За цим показником сенсорні системи роботів можна розділити на контактні, ближньої, далекої і наддалекої дії.

Контактні сенсорні системи застосовуються для надання почуттів робочим органам маніпуляторів і корпусу (бампера) мобільних роботів. Вони дозволяють фіксувати контакт з об'єктами зовнішнього середовища (тактильні сенсори), вимірювати зусилля, що виникають в місці взаємодії (сило-моментні сенсори), визначати прослизання об'єктів при їх утриманні загарбним пристроєм, визначати розміри об'єктів (шляхом їх обмацування). Вони реалізуються за допомогою кінцевих вимикачів, герметизованих магнітокерованих контактів, на основі струмопровідної гуми ("штучна шкіра") і т. д.

Сенсорні системи ближньої дії забезпечують отримання інформації про об'єкти, розташовані в безпосередній близькості від робочого органу маніпулятора або корпусу робота, тобто на відстанях, порівнянних з їх розмірами. Такі безконтактні пристрої технічно складніше контактних, але дозволяють роботів виконувати завдання з більшою швидкістю, заздалегідь видаючи інформацію про різні об'єкти до зіткнення з ними.

Сенсорні системи далекої дії служать для отримання інформації про зовнішнє середовище в обсязі всієї робочої зони маніпуляторів роботів і навколишнього середовища мобільного робота.

Сенсорні системи наддалекої дії застосовуються головним чином в мобільних роботах. До них відносяться різні навігаційні системи, локатори і інші сенсорні системи відповідної дальності дії. Ці пристрої знаходять застосування і в стаціонарних роботах при роботі з рухомими об'єктами, щоб заздалегідь передбачити їх появу в робочій зоні.

В безконтактних сенсорних системах для отримання необхідної інформації використовуються спеціальні сигнали (оптичні, радіотехнічні, ультразвукові і т. д.) і природні випромінювання середовища і її об'єктів. Залежно від цього розрізняють активні і пасивні сенсорні системи.

Активні сенсорні системи мають передавач, що випромінює первинний сигнал, і приймач, що реєструє минулий через середу прямий сигнал або вторинний сигнал, відбитий від об'єктів середовища.

Пасивні системи мають тільки приймальний пристрій, а роль випромінювача грають самі об'єкти зовнішнього середовища. Тому

пасивні сенсорні системи технічно зазвичай простіше і дешевше активних, але менш універсальні.

Сенсорні системи роботів можна розділити на системи з фіксованим напрямком сприйняття і з перемінним (скануючі).

В даний час для надання почуттів роботам найбільш широке застосування отримали системи технічного зору, локаційні, силомоментні і тактильні. Найбільш універсальними з них є системи технічного зору. Системи технічного зору можуть бути монокулярні, бінокулярні (стереозір) і багаторакурсні (з великим числом "точок зору"). Специфічним для роботів варіантом є застосування рухливих відеосенсорних пристроїв, в тому числі розміщуваних безпосередньо на маніпуляторах.

Конструктивно сенсорні пристрої розміщують на робочих органах маніпуляторів (пристрої ближньої дії), на корпусі робота або поза роботом (пристрої далекої і наддалекої дії).

За типом управління робототехнічні системи підрозділяються на:

1. Біотехнічні:

- командні;
- копіювальні;
- напівавтоматичні.

2. Автоматичні:

- програмні;
- адаптивні;
- інтелектуальні.

3. Інтерактивні:

- автоматизовані;
- супервізорні;
- діалогові.

У біотехнічних системах управління маніпулятор робота в точності копіює рух руки оператора. Це зручно, так як людина-оператор може знаходитися на досить великій відстані від зони виконання робіт, де йому може загрожувати як небезпека найнижчих рівнів (обилле водою), так і середніх (потрапить в очі розчином), так і високою, і смертельною (через аварію впаде будь-який важкий агрегат). Також зручним фактором є те, що завдання можна виконувати з масштабуванням (наприклад, сантиметрове зміщення руки оператора дорівнює 5 см зміщення маніпулятора).

Командна категорія системи управління (СУ) реалізується за допомогою важелів і кнопок, кожна з яких відповідає за свою ланку, або будь-яку функцію. Перевагою є те, що можна дуже точно виставити кожну ланку в необхідне оператору положення, а недоліком - великі витрати часу при цьому.

Копіювальна категорія СУ повторює рухи людини. Найбільш поширеним видом є екзоскелети, які надягають на все тіло, на кілька частин тіла або на окрему кінцівку. Вони збільшують силу людини і дозволяють з мінімальною затратою сил переносити важкі фізичні навантаження. Датчики м'язової активності з усіх частин тіла передають інформацію на бортовий комп'ютер (знаходиться на спині екзоскелета), який координує всі дії екзоскелета. В результаті цього людина практично не відчуває втоми при фізичних навантаженнях. Мінус цієї конструкції - величезне енергоспоживання і обмеженість рухів пілота.

Напівавтоматична категорія СУ є глибокою модернізацією попередніх двох підкатегорій. При цьому на систему встановлюється мікро-ЕОМ, яка займається обчисленням рухів робота, що дозволяє за допомогою одного важеля управляти всією кінематикою робота.

Автоматичні системи управління здатні працювати без участі людини. Їм досить заздалегідь встановити алгоритм поведінки, задати послідовність, задати координати і т.п. Такі роботи дуже зручні в тих випадках, коли робота постійна, циклічна і не змінюється в процесі її виконання. При роботі таких роботів підвищується безпека, так як участь людини в технічному процесі або мінімальна, або відсутня зовсім.

Програмна категорія СУ має заздалегідь задану послідовність дій - програму. Дозволяє з високою швидкістю, надійністю та ефективністю виконувати повторювані дії. Вони легко перепрограмовуються.

Адаптивна категорія СУ є модифікованою версією програмних. Головна їхня відмінність в наявності адаптивного забезпечення: камер, ультразвукових датчиків відстані, датчиків торкання, системи розпізнавання кольору / розміру / образу і т.п. Все це дозволяє роботів самостійно коригувати свої дії і підлаштовуватися під зміни зовнішніх умов.

Інтелектуальна категорія СУ є ще більш глибокою модернізацією попередніх двох підкатегорій. Найважливішою

відмінністю є можливість зворотного спілкування з людиною, планування та перепланування поведінки, навігація, самонавчання і спілкування, взаємодія з іншими роботами і обладнанням, інструментами.

Інтерактивні СУ основну масу часу працюють як автоматичні СУ, але при необхідності можуть бути миттєво переключені на управління людиною, або людина і автоматика працюють по черзі. Відмінною рисою таких систем є той факт, що оператор може подавати команди голосом, текстом і т.п. Одною із зручностей можна назвати те, що робот при необхідності працює поетапно, і він не перейде до наступного етапу до тих пір, поки не отримає команду-дозвіл від оператора.

У автоматизованій підкатегорії СУ можуть чергуватися, кооперуватися і об'єднуватися як автоматичні, так і біотехнічні ознаки.

У супервізорній підкатегорії СУ людина займається інтелектуальною стороною роботи (наприклад, вибір засобу реалізації), а машина - обчислювальною і безпосередньо реалізує.

У діалоговій підкатегорії СУ людина і робот працюють в тісній кооперації, з постійним діалогом між оператором і машиною. За рахунок цього людина завжди має найбільш точні дані про діяльність робота, а робот - чітке планування і вибір стратегії поведінки, реалізоване спільними зусиллями ЕОМ і людини. Робот, як правило, оснащений системою прогнозування і виведення оператору інформації про наслідки тієї чи іншої дії. Це так звана «творча» колективна робота.

Список використаних джерел:

1. <https://www.universal-robots.com/in/blog/impact-of-robotics/>

Тема 13

Класифікація засобів автоматичного контролю. Первинні вимірювальні перетворювачі

Автоматичний контроль - це контроль виробу та (або) технологічного процесу, при якому управління процесом здійснюється без безпосередньої участі людини. Автоматичний контроль розмірів може здійснюватися до обробки, в процесі обробки і після обробки деталей.

Контроль деталей в робочій зоні автоматизованого обладнання перед процесом обробки або після його завершення дозволяє уточнити оброблювані розміри деталі, виконати в разі необхідності корекцію керуючої програми.

Застосування автоматизованого контролю дозволяє звести до мінімуму участь робітника в процесі вимірювання деталі при обробці на верстаті або після неї, що дозволяє усунути суб'єктивні похибки вимірювання; підвищує технологічну точність устаткування за рахунок компенсації похибок, що викликаються зносом інструменту, теплових і силових деформацій технологічної системи. Це ті чинники, які викликають розсіювання розмірів деталей при їх обробці на металорізальних верстатах. Похибки, що викликаються зносом інструменту, тепловими та силовими деформаціями технологічної системи, важко компенсувати шляхом попереднього налаштування верстата, програмуванням законів управління ними, тому що вони носять характер випадкових процесів. Тому завданням засобів активного контролю є автоматична компенсація впливу зазначених факторів для отримання деталей з заданими розмірами і формою.

Контроль може здійснюватися шляхом оцінки кожного окремо елемента контрольованого об'єкта (елементний контроль) або одночасної оцінки комплексу елементів, що визначають його якість (комплексний контроль). Автоматизація контрольних операцій здійснюється методами пасивного і активного контролю. Пасивний контроль деталі здійснюється після її обробки. Його мета - попередити потрапляння бракованої деталі до споживача або на подальшу обробку. Активний контроль деталі виконується безпосередньо в процесі обробки. За його результатами виробляють управління режимами різання верстата.

Основна область застосування приладів автоматичного контролю - чистова і фінішна обробка деталей. Це пояснюється високими вимогами до точності такої обробки і, в ряді випадків, відносно малою розмірною стійкістю ріжучого інструменту (шліфувального круга).

Прилади автоматичного контролю (ПАК) класифікуються за такими ознаками:

1. За методом вимірювання:

- а) прямий метод контролю (безпосереднє вимірювання розміру);
- б) непрямий метод контролю (вимірювання величини, пов'язаної з розміром певною залежністю);
- в) абсолютний метод вимірювання (вимірювання контрольованого розміру);
- г) відносний метод вимірювання (вимірювання відхилення від номінального значення отриманого розміру).

2. За характером впливу на техпроцес:

- а) післяопераційний контроль (пасивні контрольні пристрої):
 - механізовані контрольні пристосування;
 - контрольні-сортувальні автомати.

Результати вимірювання цими пристроями оцінюють придатність деталі, але не беруть участі в управлінні технологічним процесом;

б) активний контроль:

- контроль розмірів деталей в процесі обробки;
- контроль розмірів деталей після обробки (автопідналадчики);
- контроль розмірів деталей до обробки (блокуючі пристрої).

За результатами вимірювання цими пристроями вручну або автоматично здійснюється управління техпроцесом.

3. За ступенем автоматизації:

а) неповна автоматизація процесу контролю (автоматизовані, механізовані);

б) повністю автоматичні пристрої.

При виборі характеристик ПАК оцінку роблять за всіма класифікаційними ознаками.

При автоматичному контролі зміна параметрів оброблюваної деталі визначається за допомогою первинних перетворювачів (рис. 8.1). Це пристрої, які перетворюють вимірювану фізичну величину в сигнал, зручний для подальшої передачі і обробки.

Первинними перетворювачами вимірюваної величини є датчики різних конструкцій. Вони, як правило, здійснюють вимірювання дуже малих переміщень і тому до них пред'являються наступні вимоги:

- 1) висока точність і чутливість вимірювання;
- 2) довговічність і надійність в роботі;
- 3) невеликі розміри і маса;
- 4) мале вимірювальне зусилля і його сталість в межах робочого ходу вимірювального наконечника;
- 5) висока власна частота рухомої системи (при вимірах в динамічному режимі);
- 6) великі межі вимірювань;
- 7) мала чутливість до вібрацій і прискорень;
- 8) автоматичний і потужний вихідний сигнал.

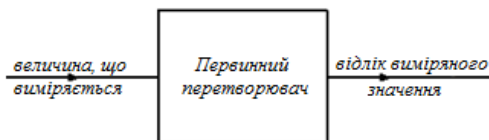


Рис. 8.1. Схема автоматичного вимірювання

Похибка датчиків при тривалій роботі не повинна перевищувати 10 - 20% від заданого допуску. Налаштування датчика повинна діяти не менше однозмінній роботі контрольного пристрою. Залежно від методів перетворення вимірювального сигналу можуть використовуватися такі перетворювачі:

- 1) електроконтактні;
- 2) індуктивні;
- 3) фотоелектричні;
- 4) ємнісні;
- 5) пневматичні;
- 6) п'єзоелектричні;
- 7) інтерферометричні.

Електроконтактні перетворювачі конструктивно прості і тому найбільш поширені. За призначенням вони поділяються на граничні, що служать для визначення попадання розміру контрольованої деталі

в поле допуску, і амплітудні, призначені для контролю відхилення форми і правильності взаємного розташування поверхонь.

За кількістю контактних пар електроконтактні датчики (ЕКД) поділяються на одноконтактні, двоконтактні, трьохконтактні, багатоконтактні.

Контактні вимірювачі можна розбити на дві групи: з переміщенням контактів, рівним переміщенню вимірювального штока (рис. 8.2, а), і з переміщенням контактів, збільшеним в порівнянні з переміщенням вимірювального штока - важільні (рис. 8.2, б).

Безважільні датчики прості, мають малі розміри і масу, а при розташуванні контактних пар на поздовжньої осі вимірювального наконечника - найбільшу точність контролю.

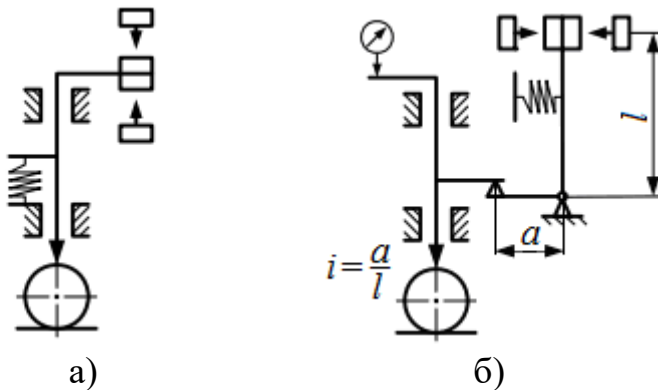


Рис.8.2. Електроконтактні датчики: а) безважільний; б) важільний

У важільних вимірювальних голівках завдяки механізмам, що збільшує переміщення контактів, похибки, які залежать від стану контактів і їх налаштування, зменшуються пропорційно передавальному відношенню (i). Отже, точність контролю важільними вимірювачами вище, ніж безважільними.

Однак більшість схем з електроконтактними датчиками не дають можливості визначити дійсний розмір виробу. Цього недоліку немає у індуктивних, ємнісних, пневматичних і ряді інших типів датчиків.

Принцип дії індуктивних датчиків заснований на перетворенні лінійного переміщення в зміну індуктивності котушки датчика. Контактні індуктивні датчики, які використовуються для вимірювання лінійних розмірів, виконуються простими або диференціальними. У простих індуктивних датчиках (рис. 8.3, а) використовується одна індуктивна котушка. При збільшенні розміру контрольованої деталі 1 вимірювальний шток 2 датчика, долаючи зусилля пружини 5, тисне на якір 3, який підвішений на плоскій пружині 4 і може повертатися. Поворот якоря викличе зміна повітряного зазору між магнітопроводом 6 котушки і якорем, що призведе до зміни індуктивності котушки.

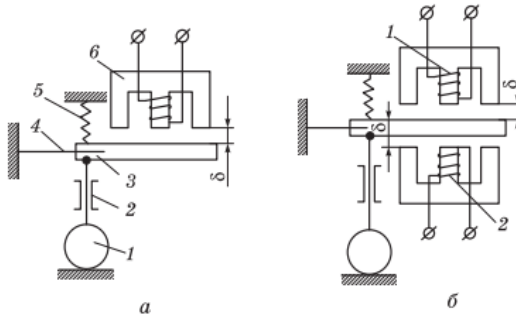


Рис. 8.3. Схеми індуктивних датчиків:
а - простого; б - диференціального

У диференціальному індуктивному датчику (рис. 8.3, б) застосовуються дві індуктивні котушки 1 і 2. Якщо при переміщенні якоря індуктивного датчика зазор між якорем і першою котушкою зменшується, то зазор між якорем і другою котушкою збільшується на цю ж величину. В силу цього змінюються індуктивності обох котушок, що дозволяє в два рази збільшити чутливість вимірювальної схеми.

Фотоелектричні датчики розміру здійснюють перетворення зміни розміру виробу в зміну променевої енергії або напрямку світлового потоку, а потім в електричний сигнал за допомогою фотоелемента.

Оптичні системи фотоелектричних датчиків розміру засновані на властивості виробу відображати світловий потік або

діафрагмувати його. Оптичні схеми з відображенням світлового потоку будуються на відображенні світлового променя безпосередньо контрольованим виробом або спеціальним світловідбивним дзеркалом. Така схема може використовуватися, наприклад, для контролю шорсткості поверхні деталей. Світловий потік падає на поверхню деталі і, відбиваючись від неї, направляється на фотоелемент. Відбитий світловий потік перетворюється фотоелементом в пропорційний йому струм.

Оптичні схеми з діафрагмуванням світлового потоку будуються на принципі перегородити шлях світлового променя контуром контрольованого виробу. Такі схеми можна використовувати для контролю як зовнішніх розмірів деталей, так і розмірів отворів. Широке поширення у виробництві отримали фотоелектричні вимірювальні системи з діафрагмуванням світлового потоку (рис. 8.4, а). У такому пристрої світловий потік від джерела 1 через оптичну систему 2 і щілинну діафрагму 3 падає на фотоелемент 4. Щілинна діафрагма частково закрита заслінкою 9, яка встановлена на важелі 8. З іншим кінцем важеля пов'язаний вимірювальний стрижень 6. Вимірювальний наконечник встановлюється на контрольовану деталь 7. Положення заслінки, ступінь перекриття нею щілинної діафрагми і, отже, величина потоку випромінювання, падаючого на фотоелемент, визначаються розміром деталі, про який можна судити по струму, вимірюваного мікроамперметром 5.

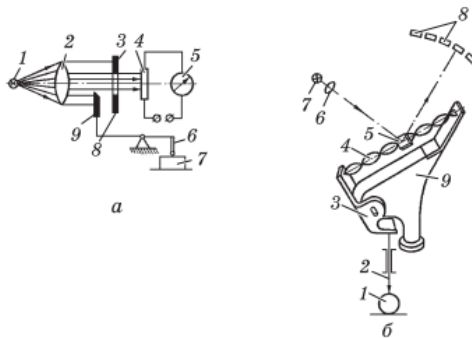


Рис. 8.4. Схеми фотоелектричних датчиків

Пристрої даного типу побудовані на реєстрації зміни інтенсивності світлового потоку і не забезпечують високої точності вимірювань. Її можна досягти в системах, які фіксують лише наявність або відсутність потоку випромінювання. У таких пристроях знаходиться зазвичай кілька фотореле, фотоелементи яких висвітлюються або затемнюються при певному положенні покажчика вимірювального пристрою (рис. 8.4, б). При установці вимірювального наконечника 2 на вимірювану деталь 1 важіль 3 розтягує пружинну стрічку 4, закріплену на тримачі 9, і повертає дзеркало 5. Світло від джерела 7, проходячи через лінзу 6, відбивається дзеркалом і падає на один з фотоелементів 8, змушуючи спрацювати реле, в ланцюг якого включено цей фотоелемент. Номер реле, що включається, залежить від кута повороту дзеркала, тобто від величини контрольованої деталі.

Робота ємнісних перетворювачів заснована на залежності ємності конденсатора від розмірів і взаємного розташування його обкладок. Найбільшого поширення для лінійних вимірювань отримали ємнісні датчики, в яких величина, що вимірюється, викликає зміну зазору f (рис. 8.5, а) або площі S (рис. 8.5, б).

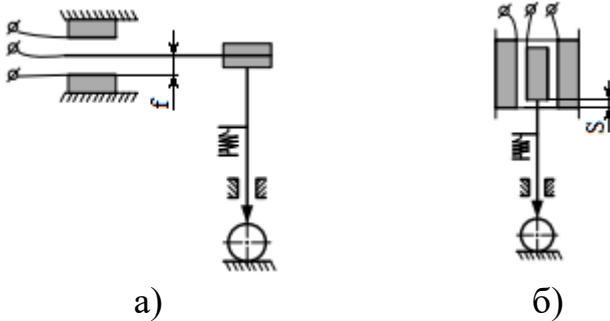


Рис. 8.5. Схема диференціального ємнісного датчика, що працює за: а) зміною повітряного зазору; б) зміною площі

У пневматичних приладах використовуються мембранні датчики (рис. 8,6, а), які перетворюють зміну тиску повітря, що надходить по трубці 2 в камеру 1 і виходить через вимірювальне

сопло 8 до контрольованого виробу 9, в переміщення мембрани 3. Мембрана 3 затиснута між верхньою 4 і нижньою 1 частинами корпусу датчика. На мембрану спирається стрижень з шайбою 5, які віджимаються вниз пружиною 6. Стрижень несе на собі контактну планку 7 і впливає на шток електроконтактного датчика.

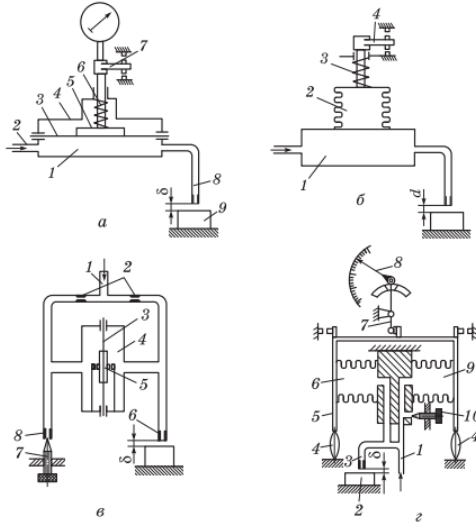


Рис. 8.6. Схеми пневматичних приладів з датчиками безпосередньої (а, б) і диференціальної (в, г) дії

Тиск у вимірювальній камері змінюється в залежності від зміни величини зазору між зовнішнім торцем сопла і поверхнею контрольованої деталі. Зміна тиску у вимірювальній камері 1 сифонного датчика (рис. 8.6, б) може перетворюватися в переміщення торцевої частини сифона 2 і укріпленого на ньому стержня 3 з контактною планкою 4.

У пневматичних вимірювальних системах диференціального типу чутливий елемент реагує на різницю тисків у двох гілках системи. При використанні мембрани в диференціальному методі вимірювання (рис. 8.6, в) повітря надходить в головку по трубопроводу 1, розділяється по двох напрямках і через входні сопла 2 надходить до вимірювального сопла 6 і сопла протитиску 8. Вимірювальний повітропровід і канал протитиску з'єднані з коробкою

4, розділеної мембраною 3 на дві камери. Як тільки мембрана внаслідок різниці в тисках в вимірювальному і порівняльному трубопроводах буде виведена з положення спокою і прогнеться на невелику величину, один з контактів 5 замкнеться, і пустить у хід відповідне реле. За допомогою регулювального гвинта 7 можна змінювати площу вільного перетину сопла протитиску і встановлювати такий тиск в каналі протитиску, яке відповідає необхідному зазору перед вимірювальним соплом.

У диференціальної вимірювальної системі з сильфонами (рис. 8.6, г) стиснене повітря надходить по трубі 1 і йде наліво до вимірювального сопла 3 і в сильфон 6 вимірювальної гілки приладу. З правого боку стиснене повітря спрямовується в сильфон протитиску 9; величина протитиску регулюється гвинтом 10. Сильфони 6 і 9 укладені в рамку 5, яка може переміщатися вправо або вліво, повертаючись на пружинних опорах 4. Величина переміщення визначається зазором між вимірювальним соплом 3 і контрольованим виробом 2. При переміщенні рамки 5 повертається важіль 7, який приводить в обертання стрілку 8. Положення стрілки 8 щодо циферблата визначає розмір контрольованого виробу.

П'єзоелектричні датчики, які використовуються найчастіше для вимірювання і контролю швидкоплинних тисків і деформацій, засновані на п'єзоелектричному ефекті. Він полягає в тому, що деякі матеріали під дією на них сили електризується: на їх поверхні з'являється електричний заряд, величина якого залежить від прикладеної сили. Це означає, що матеріал, що володіє п'єзоефектом, виконує перетворення сили в електричний заряд. Природним матеріалом, який володіє п'єзоефектом, є кварц або гірський криштал.

В даний час в системах автоматичного контролю широко використовуються вимірювальні пристрої на базі лазерного випромінювання - лазерні інтерферометри. В основі вимірів лежить явище інтерференції світлових хвиль. Лазерні інтерферометри мають високу чутливість до положення об'єкта відносно пучка світла. Фокусування лазерного пучка в пляму малих розмірів забезпечує високу поперечну просторову роздільну здатність (одиниці мікрометрів). Монохроматичне випромінювання лазерного джерела світла дозволяє порівнювати вимірювані геометричні параметри об'єктів безпосередньо з довжиною хвилі використовуваного лазера як

мірою довжини, що забезпечує високі метрологічні властивості. Крім того, лазерні інтерферометри характеризуються відсутністю зносу (метод вимірювання є безконтактним), швидкодією, виходом на цифровий відліковий пристрій і на друк, можливістю автоматичного введення поправок на зміну зовнішніх умов вимірювання. Лазерний інтерферометр може бути використаний для безконтактного і неруйнівного контролю:

- макроформи і шорсткості поверхні різних об'єктів;
- вібрацій об'єктів, що мають складну форму і негладкі (шорсткі) поверхні;
- параметрів шаруватих, оптично прозорих, в тому числі розсіювальних, об'єктів промислового і біологічного походження.

На рис. 8.7 показана схема пристрою для безперервного контролю зовнішнього діаметра деталі.

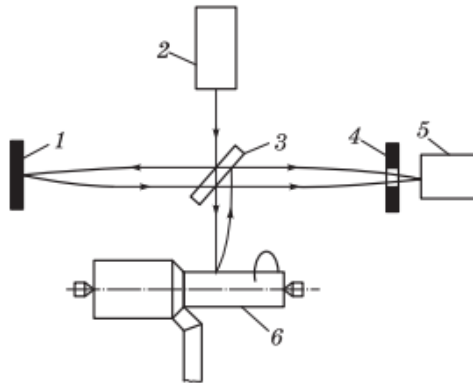


Рис. 8.7. Схема безперервного контролю діаметра деталі з використанням лазерного інтерферометра

Промінь лазера 2 падає на напівпрозоре дзеркало (світловідділювач) 3 і розщеплюється на два ідентичних променя. Один з них, відбиваючись, потрапляє на дзеркало 1, відбивається від нього і, проходячи знову через дзеркало 3 і діафрагму 4, приходить до фотопомножувача (детектор) 5. Другий промінь лазера проходить через дзеркало 3, відбивається від оброблюваної поверхні 6, повертається до дзеркала і, відбиваючись від нього, проходить через

діафрагму 4 на фотопомножувач 5. Кожен з променів проходить різний шлях, званий траєкторією, і перед попаданням в детектор вони зводяться разом. Таким чином, на фотопомножувач потрапляють два променя: один - відбитий від нерухомого дзеркала 1, а другий - від оброблюваної поверхні. Різниця в відстані, пройденим кожним променем, створює різницю фаз між ними. Саме введена різниця фаз створює між спочатку ідентичними хвилями інтерференційний узор, який визначається на детекторі. Якщо одиночний промінь розділений уздовж двох траєкторій (вимірюваної і опорної), то різниця фаз буде вказувати на який-небудь фактор, який змінює фазу уздовж даних траєкторій. Точність вимірювань при використанні лазерних інтерферометрів досягає $\pm 0,01$ мкм.

Список використаних джерел:

1. Автоматизація виробничих процесів /І.В.Ельперін, О.М.Пупена, В.М.Сідлецький, С.М.Швед. —Київ: Ліра-К, 2017. — 378с.
2. Невлюдов, І.Ш. Виробничі процеси та обладнання об'єктів автоматизації [Текст]: Підручник для студентів вищих навчальних закладів / І. Ш. Невлюдов. Кривий Ріг: Криворізький коледж НАУ, 2017. – 444 с.

Тема 14

Пристрої автоматичного контролю

Засоби активного контролю, що застосовуються на металорізальних верстатах, можна умовно розділити на дві групи.

Пристрої першої групи безперервно вимірюють оброблювану заготовку, і при досягненні необхідних розмірів припиняють різання. Схема використання засобів активного контролю першої групи в процесі обробки на круглошліфувальному напівавтоматі показана на рис. 8.8.

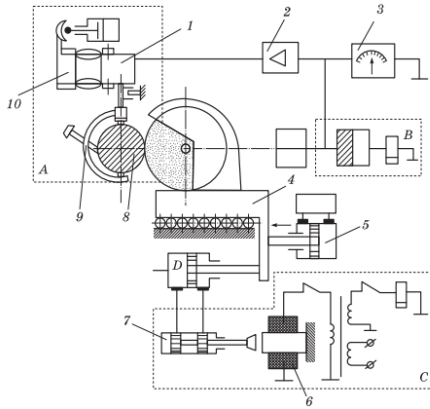


Рис. 8.8. Схема пристрою активного контролю круглошліфувального верстата

На вимірювальній позиції А розмір заготовки 8, який змінюється, контролюється вимірювальною головкою 9 з перетворювачем 1, розташованою на підвісці 10. Сигнал, що знімається з перетворювача 1, посилюється в підсилювачі 2, надходить на прилад 3 і в тригерно-релейний блок В. Після замикання контактів сигнал через релейний підсилювач блоку С надходить на виконавчий електромагніт 6, що переміщує золотники гідророзподільника 7. При зміщенні золотників включається гідропривід зворотного ходу виконавчого механізму D, і шліфувальна бабка 4 починає відходити від деталі. Для забезпечення робочої подачі бабки 4 служить гідропривід прямого ходу 5.

Пристрої другої групи вимірюють вже оброблену заготовку і за результатами вимірювання подають команду на зміну положення (підналадку) ріжучого інструменту щодо технологічних баз в момент закінчення обробки. Застосування засобів цієї групи забезпечує меншу точність обробки в порівнянні із засобами першої групи. Вони усувають вплив на точність обробки тільки зносу ріжучого інструменту і порівняно повільних температурних деформацій технологічної системи.

На рис. 8.9 наведена схема пристрою для автоматичної піднастройки центрів шліфувального верстата з використанням засобів активного контролю другої групи.

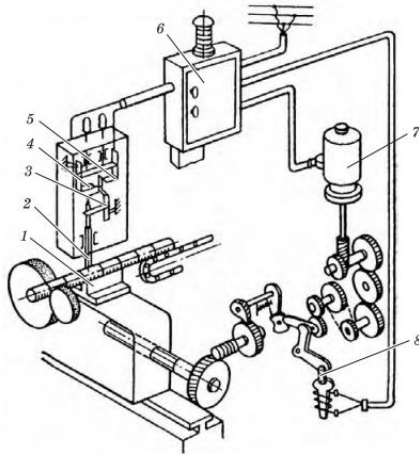


Рис. 8.9. Схема пристрою активного контролю безцентрово- шліфувального верстата

Для досягнення необхідної точності діаметральних розмірів валиків в момент, коли оброблені деталі потрапляють на призму 1, наконечник вимірювального штифта 2 приходять в зіткнення з вимірюваною поверхнею валика і, переміщаючись, повертає важіль 3. Якщо діаметр обробленого валика збільшується і досягає контрольного кордону, важіль 3 замикає контакт 5, включаючи тим самим реле часу, що знаходиться в шафі 6. Реле, спрацьовує, включає соленоїд 7, який приводить в дію механізм, що подає ведучий шліфувальний круг в напрямку робочого кола, що викликає

зменшення діаметрів оброблюваних валиків. Механізм приводиться в дію від електродвигуна 8. У результаті виконаної автоматичної піднастройки діаметр валиків починає поступово зменшуватися, а вимірювальний штифт 2 починає поступово опускатися. При цьому повертається важіль 3, який спочатку вимикає контакт 5, а потім включає контакт 4, вимикаючи механізм подачі, повідомляє переміщення ведучому колу. Контрольні кордони розмірів валиків встановлюються за допомогою контактів 5 і 4, регульованих гвинтами.

Схема вимірювального пристрою внутрішньо-шліфувальних верстатів, що обмежує переміщення її виконавчих механізмів з компенсацією зносу ріжучого інструменту представлена на рис. 8.10. Напрямна 4 цього пристрою змонтована на поперечних санчатах, несучих бабку шліфувального круга. Шток 5, що проходить в цій направляючій, може переміщатися під час роботи лише разом з санчатами в напрямку, перпендикулярному до осі шпинделя шліфувального круга. Шток пов'язаний зі стрілкою 7 пристрою, що показує, налаштованого так, що стрілка встановлюється на нуль після досягнення необхідного розміру деталі. На початку шліфування круг встановлюється в положення, відповідне призначеного припуску на обробку. При цьому стрілка знаходиться в положенні, яке зображено штрихпунктирною лінією. Під час роботи круг разом з санчатами переміщується у напрямку подачі, що викликає переміщення стрілки 7 за годинниковою стрілкою.

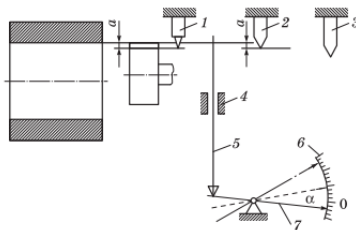


Рис. 8.10. Схема вимірювального пристрою внутрішньо-шліфувальних верстатів

Під час чорнового шліфування круг зношується, тому в момент досягнення стрілкою нульового розподілу шкали 6 розмір деталі не буде відповідати заданому. При досягненні стрілкою нульового

розподілу круг відводиться для редагування алмазним олівцем 1. Під час редагування шток, торкнувшись упору 2, зсувається назад на відстань, рівну товщині шару a , що знімається з круга при правці. При цьому стрілка переміщається на деякий кут α . Після редагування починається чистове шліфування, яке триває до тих пір, поки стрілка знову не досягне нульового розподілу, відповідного тепер уже заданому розміру деталі (так як знос круга під час чистового шліфування невеликий). У разі, якщо величина зносу шліфувального круга настільки велика, що при виході для редагування він не досягає алмазного олівця 1, то використовується другий упор 3, який трохи довше упору 2. Виправлення круга з його використанням аналогічна описаній вище.

Пристрої, які контролюють деталь безпосередньо після обробки, прийнято називати підналадчиками. Вони налаштовуються по звуженим кордонам поля допуску на оброблювані деталі. Для цього встановлюються верхній і нижній контрольні кордони, які зміщені всередину в середньому на 0,1 - 0,2 величини допуску на розмір деталі. Завдяки цьому виключається отримання деталей з розмірами, що перевищують граничне значення.

На схемі, показаній на рис. рис. 8.11, оброблені деталі надходять на три паралельно включені вимірювальні позиції, забезпечені пневматичними датчиками.

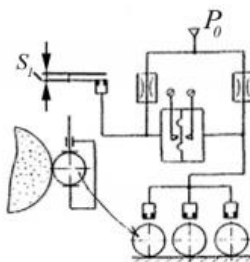


Рис. 8.11. Схема пристрою з піднастроюкою

Якщо всі три деталі, що послідовно сходять з верстата, мають найбільший настроювальний розмір, то в правій частині пневмокамери тиск повітря підвищується, що призводить до зміни настройки приладу в сторону зменшення зазору S_i , завдяки чому круг

переміщується до деталі і її розмір зменшується до найменшого настроявального.

Якщо завищені розміри в однієї або двох деталей, що може бути викликано випадковими причинами, то піднастройка датчика не відбувається. Дана система дозволяє компенсувати знос вимірювальних наконечників скоби і її температурну похибку.

На рис. 8.12 показана схема трипозиційного підналадчика з контролю вихідної деталі. Якщо розміри оброблених деталей внаслідок зносу шліфувального круга наближаються до верхнього контрольного кордону, то датчик подає сигнал на підналадку виконавчого механізму верстата у напрямку до оброблюваної деталі за допомогою гідроциліндра Гв, який повертає храпове колесо виконавчого механізму на один зуб. При наближенні розмірів оброблених деталей до нижнього контрольного кордону датчик подає команду на підналадку в протилежному напрямку, при цьому спрацьовує гідроциліндр Гн і круг відводиться від деталі.

При діаметрах оброблених деталей, що безперервно збільшуються, внаслідок зносу шліфувального круга (постійна позитивна тенденція) нижня межа регулювання не досягається. У цьому випадку застосовують двопозиційний регулятор (датчик з одним контактом). Завдяки цьому значно спрощується виконавчий механізм, так як він повинен працювати тільки в одному напрямку. Щоб деталі, що знаходяться ще між зонами шліфування і вимірювання і мають завищені розміри (відстань a на рис. 8.12), після підналагодження не викликали подальших спрацьовувань датчика і переміщень виконавчого органу верстата, вихідний сигнал датчика надходить на верстат через реле часу або лічильник кількості деталей.

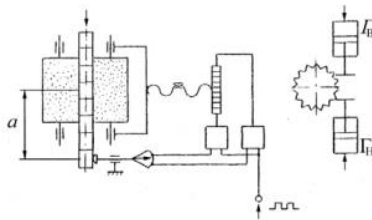


Рис. 8.12. Схема обробки на безцентрово-шліфувальному верстаті з трьохпозиційним регулятором

Для отримання точних сполучень отворів і вала в дрібносерійному виробництві використовують сполучене шліфування, коли розмір оброблюваної деталі автоматично підганяється до розміру вже обробленої парної деталі так, щоб вийшов необхідний зазор або натяг. Зазвичай вал виготовляється по остаточно обробленому отвору, так як при зовнішньому шліфуванні легше досягається висока точність обробки, ніж при внутрішньому.

Схема електроконтактного пристрою для сполученого шліфування показана на рис. 8.13. Він складається з одноконтактного активного приладу 3, що стикається з оброблюваним внутрішнім кільцем 8, і трьохконтактного стаціонарного приладу 1, на якому встановлюється готове зовнішнє кільце 2. На важелі 3' активного пристрою шарнірно підвішується важіль 5, на правий столик якого спирається вимірювальний шток мініметра 6 і наконечник контактної важеля 7. Стаціонарний пристрій 1 складається з двох нерухомих наконечників у вигляді кульок, на які спирається жолоб зовнішнього кільця, і одного рухомого наконечника у вигляді кульки, що сидить на кінці важеля 1'. Зіткнення плеча 1'' важеля стаціонарного пристрою з лівим столиком важеля 5 відбувається під впливом пружини 4.

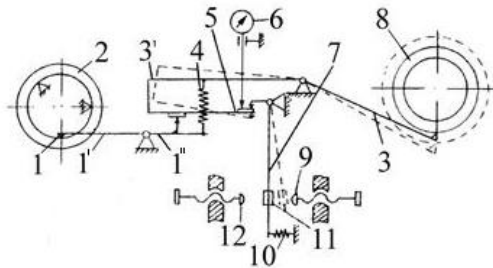


Рис. 8.13. Схема електроконтактного пристрою для сполученого шліфування

Перед початком шліфування на кульки пристрою 1 встановлюється зовнішнє кільце 2 з вже обробленим жолобом. При цьому в залежності від розміру жолоба важіль 1'-1'' займає деяке певне положення. Важіль одноконтактного активного приладу 3 вводиться в

зіткнення з необробленим ще жолобом внутрішнього кільця шарикопідшипника. При наявності припуску на обробку важіль 3 відхиляється, а разом з ним і правий столик важеля 5 переміщається вниз. При цьому контакт важеля 7 замикає контакт 9 під дією пружини 10, шток міліметра опускається вниз.

По мірі зняття припуску наконечник важеля 3 і правий столик важеля 5 піднімаються вгору. У момент закінчення чорнового шліфування контакт 11 важеля 7 відривається від контакту 9, що викликає перемикання подачі з чорнової на чистову. У момент закінчення чистового шліфування контакт 11 замикає контакт 12 і відбувається зупинка верстата. Положення контакту 12 налаштовується таким чином, щоб в момент закінчення шліфування розмір жолоба внутрішнього кільця був комплектним з розміром жолоба зовнішнього кільця.

Для управління точністю обробки деталей при зовнішніх і внутрішніх умовах, що довільно змінюються, на верстатах застосовують самонастроювальні контрольні системи, здатні самостійно змінювати свої параметри налаштування.

Вони призначені для забезпечення стабільного отримання розмірів деталей в досить тривалий проміжок часу за рахунок автоматичної піднастройки приладу активного контролю і компенсації тим самим його систематичної похибки.

Самонастроювальні контрольні системи можуть мати замкнутий ланцюг настройки, створюваний додатково до звичайного замкнутого ланцюга регулювання, або розімкнутий ланцюг настройки. При цьому розрізняють два основні методи корекції. При першому (регулювання по відхиленню) контролюють зміну основного показника якості та проводять коригування органів настройки. При другому (регулювання по обуренню) контролюють основні впливи (наприклад, вібрації) і здійснюють їх компенсацію.

У самоналагоджувальних системах є не менше двох ланцюгів впливу: ланцюг основного метрологічного впливу, що дозволяє здійснювати автоматичне сортування виробів або припинити процес обробки, і ланцюг допоміжного впливу, утворює контур самонастройки (коригування).

Ланцюг самонастроювання складається з двох самостійних блоків: аналізатора і налаштувального виконавчого пристрою.

Аналізатор автоматично визначає значення і знак відхилення системи від необхідного параметра якості і видає необхідний сигнал. Налаштувальний пристрій сприймає цей сигнал і автоматично змінює параметри регулятора в потрібному напрямку до моменту ліквідації відхилення вимірюваного параметра від номінального значення.

На рис. 8.14 показано двоступенева самоналагоджувальна система активного контролю, що складається з двох контурів регулювання.

Один з них забезпечує точність заданого розміру незалежно від відхилень, що викликаються випадковими похибками обробки, а другий контур коригує відхилення розмірів деталей, що викликаються систематичними похибками, пов'язаними з робочим станом верстата і вимірювального приладу.

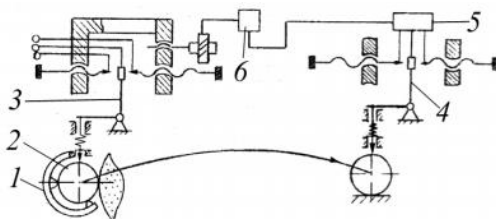


Рис. 8.14. Схема двоступеневої самонастроювальної системи активного контролю

Шліфувана деталь контролюється в процесі обробки за допомогою трьохконтактною скоби 1, забезпеченою електроконтактним датчиком 3. Внаслідок поступового зносу вимірювальних наконечників скоби електричний контакт датчика, керуючий вимиканням верстата, починає замикатися раніше і розміри оброблених деталей поступово збільшуються. Для компенсації систематичних похибок передбачений другий вимірювальний пристрій. Якщо розмір деталі 2 занадто великий або занадто малий, датчик 4 спрацьовує, завдяки чому за допомогою керуючого блоку 5 і електродвигуна 6 зміщують настройку електричних контактів датчика 3. Зміна настройки датчика 3 виробляється або на певну частину допуску оброблюваної деталі, або пропорційно величині відхилень, виміряних пристроєм 4.

Список використаних джерел:

1. Автоматизація виробничих процесів /Л.В.Ельперін, О.М.Пупена, В.М.Сідлецький, С.М.Швед. —Київ: Ліра-К, 2017. — 378с.
2. Невлюдов, І.Ш. Виробничі процеси та обладнання об'єктів автоматизації [Текст]: Підручник для студентів вищих навчальних закладів / І. Ш. Невлюдов. Кривий Ріг: Криворізький коледж НАУ, 2017. – 444 с.