

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Дніпровський державний технічний університет
(ДДТУ)

О. Г. Чернета, Б. П. Серeda, В. І. Кубіч

ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА
ТА РЕМОНТУ АВТОМОБІЛІВ

Навчальний посібник

Кам'янське
«ДДТУ»
2023

УДК 629.331.084(075.8)

Ч49

Рецензенти:

Мирослав Кіндрачук — член-кореспондент НАН України, Лауреат державної премії України в галузі науки і техніки, д.т.н., професор, кафедри прикладної механіки та інженерії матеріалів Національного авіаційного університету

Дмитро Павленко — д.т.н., професор кафедри технології авіаційних двигунів Національного університету «Запорізька політехніка»

Юрій Монастирський — д.т.н., професор, завідувач кафедри автомобільного транспорту Криворізького національного університету

Рекомендовано до друку вченою радою

Дніпровського державного технічного університету (протокол № 2 від 28.02.2023 р.)

Чернета О. Г.

Ч49 Основи технології виробництва та ремонту автомобілів : навчальний посібник / О. Г. Чернета, Б. П. Серета, В. І. Кубіч. — Кам'янське : ДДТУ, 2023. — 163 с.

ISBN 978-966-175-241-1

У навчальному посібнику наведені інноваційні аспекти розвитку автомобільної промисловості і автомобільного транспорту України. Представлено матеріали для навчальних дисциплін «Основи технологічного виробництва для виготовлення і відновлення деталей автомобілів», «Технічна експлуатація автомобілів», «Проектування автотранспортних підприємств», «Ефективні матеріали і покриття для виготовлення і відновлення автомобілів». розглянуті основні технологічні і проектні рішення по застосуванню новітнього сучасного обладнання і широкої лінійки верстатів світових брендів з механічної обробки деталей. Особливу увагу приділено в подачі і ознайомленню здобувачів вищої освіти з питань впровадження високопродуктивного обладнання, верстатів для комплексної механічної обробки провідних компаній і фірм виробників.

УДК 629.331.084(075.8)

ISBN 978-966-175-241-1

© О. Г. Чернета, Б. П. Серета,

В. І. Кубіч, 2023

© ДДТУ, 2023

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
Розділ 1 СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЕФЕКТИВНОГО ВИРОБНИЦТВА.....	10
1.1. Заготовчі виробництва. Стрічкорозпилювальні горизонтальні верстати маятникового типу UE.....	15
1.2. Машини газокисневого і плазмового різання.....	20
1.3. Лінії повздовшньо-поперечного різання рулонного металу.....	25
1.4. Витяжні правильні машини для поперечного різан- ня рулонного металу великої товщини.....	27
1.5. Лазерний розкрій листового металу.....	28
1.6. Гідравлічні преси.....	33
1.6.1. Координатно-пробивні преси.....	45
1.7. Гідравлічні листозгинальні преси.....	48
1.8. Гільотинні ножниці.....	49
1.9. Штампувальні преси.....	50
Розділ 2 МЕХАНІЧНА ОБРОБКА.....	56
2.1. Токарна обробка, фрезерування, шліфувальна обробка.....	56
2.2. Різьбонакатне обладнання.....	67
2.3. Шліфувальне обладнання.....	68
2.4. Напівавтоматичні верстати без каретки для обробки труб, профілю, дроту.....	69
2.5. Верстати з ЧПУ для виробництва пружин стиснення.....	73
2.6. Профільна прокатка.....	74
2.6.1. Устаткування для прокатки сортів і листового металу.....	74
2.6.2. Прокатка спеціальних профілів.....	87

2.6.3. Прокатка коліс та бандажів.....	93
2.6.4. Гнуті профілі.....	99
2.6.5. Переодичні профілі.....	103
2.6.6. Характер плинущ металу. Швидкість і зусилля прещування. Принцип розрахунку заготовки та вибір контейнера.....	112
2.6.7. Технологія прещування. Інструмент та устаткування прещування.....	116
2.6.8. Особливості гарячого прещування сталей.....	119
2.6.9. Холодне видавлювання (прещування).....	121
2.7. Зварювальне виробництво.....	128
2.7.1. Електроерозійне обладнання з ЧПУ.....	128
2.8. Роботизація і автоматизація зварювального виробництва в машино- і автомобілебудуванні.....	128
2.9. Плазмове дугове зварювання.....	130
Розділ 3 РОБОТИЗАЦІЯ ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА.....	131
Розділ 4 ЗМІЦНЕННЯ ПОВЕРХНЕВОГО ШАРУ.....	145
4.1. Прилад для індукційного нагріву.....	152
4.2. Спеціальне обладнання.....	155
4.3. Взаємозв'язок конструкції виробів з технологічними процесами їх виробництва.....	160
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	161

ВСТУП

У сучасному виробництві використовують передові технології при виготовленні деталей машинобудівного комплексу. Повний комплекс виготовлення окремої деталі включає етапи від ливарного виробництва, комплексу технологій штампування, лезвією, токарної обробки, завершальної фінішної обробки до зміцнення поверхневого шару і нанесення зносостійких захисних покриттів. У кінцевому результаті маємо готові вироби певної геометрії і розмірів, якості з гарантованим комплексом фізико-механічних властивостей, що забезпечує гарантований термін експлуатації і прогнозований ресурс деталі.

Основним завданням побудови вітчизняної промисловості є підвищення продуктивності праці та якості продукції за допомогою застосування високоефективних технологій виробництва і сучасного машинобудівного обладнання. В механічній обробці, при вирішенні викликів і завдань, слід враховувати особливості властивостей металевих і неметалевих матеріалів, галузь їх раціонального використання, геометрію, конфігурацію та розміри заготовок, якість їх поверхового шару, вплив термічної обробки, а також технологічні і економічні чинники масового виробництва. Базовою складовою при вирішенні цих завдань є вибір методу виготовлення заготовки, вибір варіанту механічної обробки, верстатного обладнання та оснастки, визначення розмірів заготовок, режимів обробки на всіх стадіях виробництва і якість деталі [1].

Якість деталі забезпечується відпрацьованими технологіями повного циклу, які базуються на багаторічному аналізі і апробації окремих технологічних ланцюгів виробництва. Аналіз ланцюгів виробництва окремих типів деталей, що працюють у реальних умовах експлуатації, виділені оптимальні матеріали з певним переліком структурних складових і фізико — механічних характеристик.

Наступним важливим фактором, що забезпечує високі міцні показники робочого, поверхневого шару деталі, є сукупність зміцнюючих технологій.

У даному посібнику наданий широкий спектр спеціалізованих верстатів відомих світових виробників, торгових марок, брендів, які використовуються в сучасному виробництві. Наведений найпоширеніший ряд сучасних токарних верстатів, обладнання для різання, штампування, зварювання, автоматичних ліній, які забезпечують повний цикл обробки деталей машинобудівного призначення. Окрему групу складають зубонарізні і зубооброблювальні верстати.

Навчальний посібник надасть здобувачам вищої освіти можливість впевнено орієнтуватися при вивченні курсу «Основи технологічного виробництва при виготовленні і ремонті деталей», мати повну інформацію про сучасних виробників технологічного обладнання і можливість задіяти в подальшому технологічному процесі на виробництві.

Типи виробництва

У машинобудуванні розрізняють наступні види виробництва: *одиничні, серійні, масові*. Характеризувати виробництво на підприємстві можна лише за більшістю виробничих і технологічних процесів.

До *одиничного* (індивідуального) виробництва відносять вироби, що виготовлюються одиничними екземплярами і різноманітними за конструкцією. Виробництво повинно бути гнучким і адаптованим до різних завдань. Виробничі потужності оснащуються універсальним обладнанням і дозволяють виготовлювати вироби широкої номенклатури. Використовуються універсальні прилади, нормалізований і вимірювальний інструменти. Обладнання встановлюють за типами (токарні, фрезерні, шліфувальні верстати). Недоліком одиничного виробництва є висока вартість універсального обладнання.

До *серійного* відносять виробництва, що орієнтовані на випуск деталей партіями або серіями. В залежності від кількості вироблених деталей виробництво може бути дрібно-, середньо-, крупносерійним. Дрібносерійне виробництво наближається за організацією до одиничного, а великосерійне — до масового. У серійному виробництві технологічний процес диференційований. Використовуються верстати універсальні, спеціалізовані, спеціальні, автоматизовані і агрегатні. Таким чином, верстатний парк дає можливість переходити від виготовлення однієї серії деталей до іншої, що за конструктивною будовою відрізняється від першого варіанту. Після закінчення виготовлення першої партії на даній виробничій дільниці є можливість, після переналагодження верстатів, переналаштування обладнання на випуск іншої серії деталей. Серійне виробництво значно економніше за одиничний тип виробництва, так як більш раціонально використовується виробниче обладнання і ріжучий інструмент.

До *масового* типу виробництва відносять випуск виробів одного типу безперервно тривалим терміном з використанням окремого, орієнтованого на визначений тип виробу, технологічного обладнання. В машинобудуванні існують кілька методів виготовлення заготовок деталей і збирання машин: непоточний і поточний. Непоточним називають такий метод виробництва, при якому деталі виробляють визначеними партіями по кожній операції. Верстати розташовують групами (токарна, револьверна, свердлильна і т.п. без визначеного зв'язку послідовності виконання операцій). Збирання машин здійснюється партіями на стаціонарних збиральних місцях.

Поточним називають метод виробництва, при якому операції по обробці деталей, закріплені за спеціальним обладнанням і робочими місцями, що розташовані в визначеному порядку виконання технологічного процесу. Поточному виробництву властиве ритмічне протікання процесів і синхронність роботи на

окремих дільницях і лініях. При рівній тривалості операцій на всіх робочих місцях робота протікає безперервним потоком з попередньо заданим тактом. Тактом випуску називають інтервал часу, через який періодично здійснюється випуск виробів окремого найменування, типорозміру і виконання. Ефективність поточного виробництва обумовлена короткими виробничими циклами, мінімальною собівартістю і трудомісткістю виготовлення виробів. Ефективність поточного виробництва обумовлена дією наступних факторів:

1. У непоточному виробництві деталі виготовляються партіями на кожній операції з значним міжопераційним перетином, в результаті чого цикл виготовлення значно збільшується, виникає необхідність поопераційного переліку виробів у процесі їх виготовлення, що ускладнює оперативне планування завантаження обладнання. В поточному виробництві операції закріплені за обладнанням, що розташоване по ходу технологічного процесу виготовлення виробів. Міжопераційна передача заготовки здійснюється в потоці ритмічно.

2. У поточному виробництві ліквідовані характерні для непоточного виробництва додаткові транспортні і складські операції, наявність транспортного і складського обладнання, додаткових площ і людського ресурсу.

3. У непоточному виробництві ускладнено використання високопродуктивного обладнання і технологічної оснастки, тому що на кожному верстаті виконуються різні операції і виготовляються різні подібні вироби. В поточному виробництві використовуються високопродуктивне обладнання і оснастка, в результаті чого знижується трудомісткість і собівартість.

4. У непоточному виробництві на кожній дільниці виконуються не тільки вибіркові операції, повне виготовлення деталей здійснюється на декілька дільниць або цехів. У поточному виробництві на дільниці заготовка оброблюється повністю.

Методи автоматизації і механізації обробки різанням при поточному і непоточному виробництві

Під автоматизацією технологічних процесів обробки різанням заготовок розуміють керування процесами і контроль їх за допомогою автоматичних приладів і пристроїв. Автоматизація технологічних процесів полягає в оснащенні вантажними і розвантажуючими приладами, обладнанням і механізмами, що спрощують і прискорюють деякі елементи роботи працівника. Організація поточно-масового і поточно-серійного виробництва потребує автоматичного і безперервного виготовлення виробів.

Тому широко використовується конвейєрезація виробництва, що встановлює безперервний зв'язок між операціями технологічного процесу обробки і складання виробів.

Поєднання автоматичного управління верстатів з організацією виробництва по безперервному потоку сприяє утворенню групи взаємопов'язаних автоматичних діючих верстатів — автоматичних ліній. При роботі на верстатах-автоматах і автоматичних лініях робочий безпосередньо у виконанні операцій не бере участь. Його функції полягають у нагляді, регулюванні, налагодженні автомату і його окремих механізмів.

Під механізацією технологічних процесів обробки розуміють виконання безверстатних операцій (підйомно-транспортних) різними механізмами, що керуються робочими. До безверстатних операцій, що потребують механізації, слід віднести установку важких заготовок у приладі, переміщення і транспортування деталей. У ролі міжопераційного транспорту служать рольганги, скати, склізи і інші прилади.

Розділ 1

СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЕФЕКТИВНОГО ВИРОБНИЦТВА

Сучасне виробництво передбачає застосування новітніх технологій, надточного і продуктивного верстатного обладнання, які забезпечують високу якість виробів. Великий спектр верстатного обладнання пропонують провідні компанії — виробники, які охоплюють найбільш поширені виробництва: заготівельні виробництва, плазмова, газокиснева і гідроабразивна різка, обробка поверхні, обробка рулонного та листового металу, механічна обробка, обробка труб, профілю, дроту, зварювальне обладнання і матеріал, робототехніка, СВЧ-гарт, пайка і термообробка, виробництво труб, профілю, дроту, арматури. Світові виробники обладнання і основні види виготовленого обладнання наведені у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1

№	Компанія виробник Рік заснування	Країна – власник компанії	Спеціалізація виготовленої продукції
1	ACF (1999)	Австрія	Єдиний виробник унікальної лінії верстатів для холодного формування кутів панелей без наступної шліфовки
2	Acrow machinery	Тайвань	Провідний виробник інструментальних систем для верстатів з ЧПУ(50000 інструментальних оправок і патронів за рік)

3	AWM	Італія	Виробник високотехнологічних автоматичних машин(обробка арматури, дротів, сіток, ферм з ґратки)
4	Alessandro Annettoni CEA (1934)		Світовий лідер у виробництві зварювального обладнання
5	Clifford (1969)	США + Німеччина	Світовий лідер – виробник машин для зварювання виробів з дроту та листового металу
6	CSM (1982)	Тайвань	Провідний виробник трубозгибальних і відрізних верстатів
7	DBI (1970)		Провідний виробник верстатів для обробки листового рулонного металу
8	DEM (1996)		Провідний виробник обладнання для холодної прокатки сталевих виробів, пружних дротів з прямокутним перерізом
9	Die Quip	США	Виробник обладнання для відновлення волочильного інструмента для сталедротової промисловості
10	Eur@tool	Франція	Виробник обладнання для листогнучких пресів
11	GCR Eurodraw SpA (1974)	Італія	Виробник металокорду і дроту для шинної промисловості
12	HERDON Machinery	Тайвань	Виробник пружино-навитних верстатів з ЧПУ, торцешліфувального обладнання
13	HO CHEN	Тайвань	Виробник електроерозійних прошивних верстатів з ЧПУ
14	Hypertherm		Виробник обладнання для плазмової різки

15	IDEAL-Werk C.+E.Jungeblodt GmbH+Co	Німеччина	Провідний виробник зварювального обладнання, ліній, координатних роботів для точкового і рельєфного зварювання, обладнання для лазерного, плазмового зварювання автомобільних кузовів.
16	Kjellberg (1959)		Провідний виробник машин для плазмової різки
17	Kusakabe	Японія	Провідний виробник обладнання для трубно-промисловості (трубозварювальні і формувачні лінії)
18	L@L MACHINERY (1991)		Провідний виробник великогоризонтальних токарних верстатів
19	Lantek		Світовий лідер з виробництва програмного забезпечення для листової обробки металу
20	LISSMAC (1979)	Німеччина	Світовий лідер з виробництва камерного обладнання
21	LVD (1952)	Бельгія	Світовий лідер з виробництва гідравлічних листозгинальних пресів, координатно-пробивних пресів, комплексів лазерного розкрою листового металу, гильотинні ножниці, програмне забезпечення CAD/CAM для листового розкрою металу
22	Mase Generators (1970)	Італія	Світовий лідер з виробництва генераторних приладів від 10-1600 кВт
23	MicroStep Group (1991)	Словакія	Холдінг з розробки та виробництва плазмових, газових, гідромеханічних і лазерних верстатів з ЧПУ для різання металу

24	Mori Seiki (1948)	Японія	Світовий лідер з виробництва обладнання токарно-фрезерної групи
25	MOTOMAN /YASKAWA El-ektronic/ (1976)	Японія	Світовий лідер з виробництва індустріальних роботів моделей IA20 і (до 24000 за рік) DA10/20
26	Nicolas Correa Group/GNC/ (2006)	Іспанія	Світовий лідер з виробництва середніх та крупних фрезерних верстатів
27	NUMALLIANCE	Франція	Світовий лідер з виробництва автоматичних верстатів для згинання та подальшої обробки дроту, трубок, полоси
28	PEMAMEK (1970)	Фінляндія	Приватна компанія з виробництва комплексної автоматизації збирально-зварювальних виробництв
29	ORT (1964)	Італія	Лідер з виробництва промислового обладнання для холодної деформації матеріалів (накатки різьбових та інших профілів)
30	OTECO (1992)	Чехія + Австрія	Виробник абразивно-струменевого і дробомітного обладнання
31	Paragon Machinery Co.ltd (1968)		Лідер з виробництва шліфувальних верстатів
32	Red Bud Industries		Світовий лідер з виробництва високошвидкісних ліній для прокольної, поперечної різки рулонного металу
33	SBI	Австрія	Світовий лідер з виробництва плазмового зварювального обладнання
34	SCHNELL (1980)	США	Виробник комплексів для обробки та різання арматури

35	SEIT ELETTRONICA (1979)	Італія	Постачальник обладнання для автоматизації робочих процесів (виробничі лінії)
36	SEY! (SHIEN YIH MACHINERY INDUSTRY) CO.LTD (1962)	Тайвань	Світовий лідер з виробництва пресового обладнання, обладнання додаткової автоматизації
37	Sirius Praha	Чехія	Виробник верстатів і обладнання для бездеформаційної перфорації труб і профілю
38	SMI(Sistemi Meccanici Industriali) (1978)	Італія	Виробник обладнання для обробки труб
39	Soudax Equipments(1973)	Франція	Постачальник обладнання для мікрозварювання, електроапаратури
40	Sunrise Fluid Power Inc.		Виробник гідравлічних верстатів для металообробки, пробивних пресів, обладнання для обробки отворів
41	Tauringroup		Виробник згинаючих верстатів
42	Taylor Studwelding Systems Ltd.	Англія	Виробник обладнання з ЧПУ для приварки метизів
43	Termomacchine (1978)		Виробник обладнання для термообробки, зварювання, обробки СТЧ-деталей автомобілів Форд, Тойота, виробництво електродвигунів, електричних і оптико-волоконних кабелів
44	TKT Group (1945)		Виробник і постачальник дроту
45	Vitary (1925)	Італія	Світовий лідер з виробництва правильно-відрізного обладнання для дроту, прутків, сіток, метизів, цвяхів

46	ZECHA Tungsten Carbide Tools Manufacturing GmbH		Виробник пуансонів для формовки отворів
47	WAY TRAIN (1983)	Тайвань	Лідер з виробництва стрічкопилочних верстатів (5000 верстатів в місяць)
48	Wilson Tool International (1966)		Виробник інструменту для координатно-пробивних пресів
49	You Ji Machine Industrial Co.ltd (1978)	Тайвань	Світовий лідер з виробництва вертикально-токарних верстатів з ЧПУ

1.1. Заготовчі виробництва. Стрічкорозпилювальні горизонтальні верстати маятникового типу UE

Заготовчі виробництва призначені для підготовки і забезпеченням промисловими заготовками основного виробництва. До заготівельного виробництва відносять верстати і прилади для розкрою, нарізання штучних заготовок, що далі набувають чинних розмірів і фізико-механічних властивостей при лезвійній та інших обробках на спеціалізованих верстатах [2].

Так для розпилювання металевого прокату застосовують стрічко розпилювальні верстати маятникового типу (автоматичні, напіваавтоматичні), відрізні верстати маятникового типу, колонного типу (автоматичні, напіваавтоматичні).

Для розкрою складних форм використовують модельний ряд машин, що відрізняються технологіями різання, габаритами і функціональними можливостями:

- машини для різання газокисневим і плазмовим способами;
- верстати гідроабразивного різання;
- машини для складних комбінованих процесів різання;
- лазерний розкрій листового металу.

Для механічної обробки, очищення поверхні застосовують дробострумове обладнання.

Найбільш поширеним у масовому виробництві є використання систем обробки рулонного металу:

- лінії поперечного різання рулонного металу;
- лінії повздожньо-поперечного різання матеріалу;
- лінії повздожнього різання матеріалу;
- роликові правильні машини;
- натяжні правильні машини;
- системи подання пресового типу.

Основною групою обладнання масового виробництва деталей із сталюого листа є координатно-пробивні преси, гідравлічні листозгинні преси, гільйотинні ножниці, штампувальні преси (кривошипно-шатунні, кривошипні, кривошипно-важільні, прецизійні), 3^x-4^x валкові гідравлічні верстати, універсальні гідравлічні вирубні верстати, вирубні преси.

Стрічкорозпилювальні горизонтальні верстати маятникового типу (рис. 1.1—1.2) розроблені для різання суцільних заготовок (прокат, поковка), профільних заготовок (трубо, профіль, двох таврова балка) і дозволяють розпилювати заготовку під кутом 45° — 60° (WAY TRAIN UE, UE-350, DSA).

Напівавтоматичні стрічко розпилювальні верстати маятникового типу (серія WE, SH, SHV -60° , DS, DSA -45°) рис. 1.2 розроблені для розпилювання труб, профільних труб, профільних заготовок під кутом 60° , 90° .



Рис. 1.1. Модельний ряд стрічкорозпилювальних горизонтальних верстатів маятникового типу UE

Автоматичні стрічкорозпилювальні верстати маятникового типу (моделі LX-250NC, LX-330NC, LX-460NC) рис. 1.3 застосовують різання суцільних заготовок (прокат, поковка), профільних

заготовок. Мають автоматичну подачу на заданий розмір, що програмує лічильник кількості різання.



Рис. 1.2. Модельний ряд стрічкорозпилювальних горизонтальних верстатів маятникового типу UE-814, UE-712SB

Всі верстати оснащені плавним регулюванням швидкості полотна, системою охолодження СОЖ, незалежним гідравлічним управлінням подачі і швидкості подачі, що дозволяє підібрати необхідні режими різання і досягти оптимальної продуктивності і ресурсу полотна. Додатково можуть додати до комплектування ЧПУ — з програмуванням довжини, що відрізається і звітно числа різів, тисками з повним рухом.

Пристрій пакетного різання (два гідравлічних притискувача) дозволяє здійснювати різання і пересування одночасно декількох заготовок (пакетне різання).



Рис. 1.3. Модельний ряд стрічкорозпилювальних горизонтальних верстатів маятникового типу UE



Рис. 1.4. Модельний ряд стрічкорозпилювальних горизонтальних верстатів маятникового типу

Колонні напівавтоматичні стрічкорозпилювальні верстати (серія WF-6536H, WG-4033HA, WG-4033HAF рис. 1.4) призначе-

ні для розпилювання заготовок суцільного перерізу (прокат, поковка). Верстати двохколонного типу мають автоматичне, гідравлічне натягування полотна, варіатор швидкості, стабілізатори полотна з твердосплавними спрямованими роликотідишниками, гідравлічним управлінням подачі і швидкістю полотна.

Можуть комплектувати ЧПУ — програмуванням довжини, що розрізається, і відносно числа різів.

Напівавтоматичні розпилювальні верстати маятникового типу з дисковою пилою є найбільш поширеними, недорогими і застосовуються для якісного різання труб і профілю (круглого, прямокутного, овального перерізу).

На панелі управління встановлений перемикач швидкості обертів дискової пили, що дозволяє різати як в'язкі, так і міцні метали (нержавіюку, пружну сталь і т.п.).

Автоматичні розпилювальні верстати колонного типу мають велику точність, надійність, високі експлуатаційні показники. Оптимально підходять для різання тонко-і товстостінних труб, профілю, цільного прокату.

Заготовка автоматично поступає в зону різання на задану довжину, затискується з подальшою подачею дискової пили, яка вертикально переміщується по колоні і здійснює операцію різання.

Верстати HVS оптимально підходять для одночасного різання 2,4,6,9 труб, що значно підвищує продуктивність без втрати якості різання. Встановлювання довжини відрізаних заготовок, а також інші параметри верстату задаються в ЧПУ-програмі.

1.2. Машини газокисневого і плазмового різання

Машини газокисневої і плазмового різання HS, PLS, MG (Micro Step) мають спільну конструкційну базу.

Універсальність більшості вузлів і модулів машини дозволяють швидко модернізувати існуючі і створити нові моделі при

наявності єдиного сервісу та програмного забезпечення. Основними вузлами машини є робочий стіл, портал, напрямні кабелі, приводи, система управління, програмне забезпечення, система діагностики, лазерне позиціонування.

Машина HS газокисневого і плазмового різання — надійна портальна машина (рис. 1.5) з високою точністю різання (ISO 9013), з точністю позиціонування $\pm 0.1\text{ммDIN28206}$, зі швидкістю позиціонування 45000 мм/хв, з максимальною швидкістю різання заготовки (6 мм чорна сталь при струмі 130А) - 4025 мм/хв.



Рис. 1.5. Машини газокисневого і плазмового різання HS, PLS, MG

Машина для газокисневого різання Oxy Cut' є високоякісним і надійним обладнанням (рис. 1.6) з системою контролю газу, що дозволяє повністю автоматизувати налагодження параметрів різання для різних матеріалів, що зберігаються в базі даних.



Рис. 1.6. Машини газокисневого і плазмового різання HS



Рис. 1.7. Машини газокисневого і плазмового різання Oxy Cut, PLS.

Машина для гідроабразивного різання серії Aqua Cut є високоякісною і надійною (рис. 1.7) з числовим програмним забезпе-

ченням, що розроблена для широкого діапазону матеріалів (товщина різання від 0.5—200 мм) включно для тих, що не сприймають термічної і механічної дії.

Машини для термічного різання PLS, MG (рис. 1.7) призначені для роботи в важких експлуатаційних умовах із завантаженням 2—3 зміни. Міцність і жорсткість конструкції разом з сучасними технологіями різання забезпечують тривалий ресурс експлуатації машини.

Машини для термічного різання Combi Cut (рис. 1.8) призначені для різання листів товщиною до 200мм і характеризуються відносно високою конструкцією порталу з бічними напрямними балками, що при різанні забезпечує довгочасну точність.

Портал має подвійний привід з електронною синхронізацією. Рух забезпечується зубчастою рейкою і шестернею з механічним приладом для усунення люфтів.

Система контролю ЧПУ – MCNC 500.

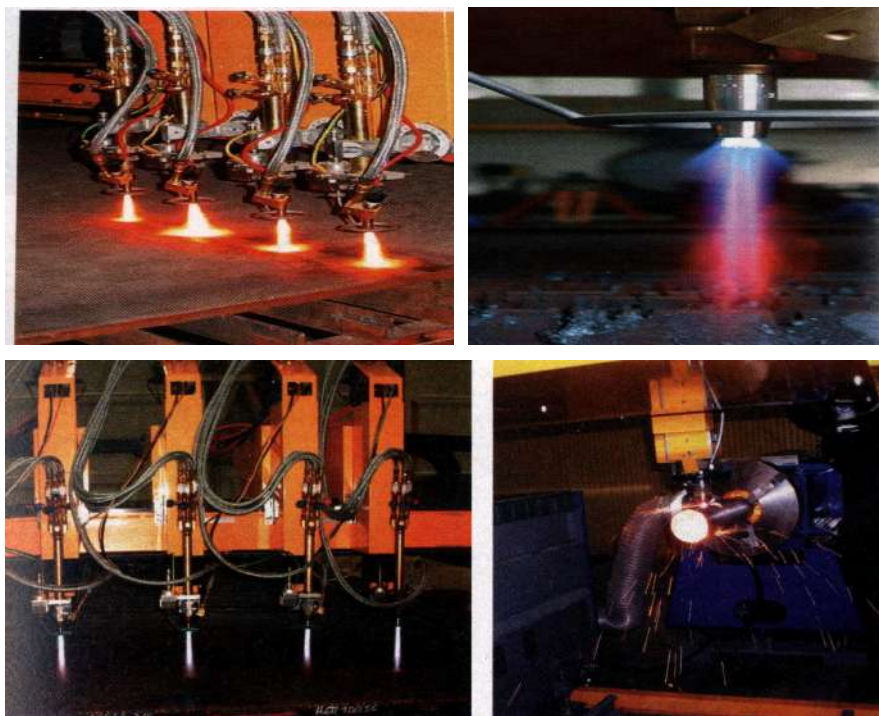


Рис. 1.8. Машини газокисневого і плазмового різання HS, PLS, MG



Рис. 1.9. Машины газокисневого і плазмового різання HS, PLS, MG

Система управління MCNC 500 для Windows[®] XP Professional SP2 з інтегрованою картою мережі. Система управління складається з двох ПК, один керує процесом різання в режимі реального часу, другий відповідає за накопичення і обробку інформації, що надходить. ПК обладнаний 256 МБ RAM, 40 ГБ жорстким диском, TFT кольоровим сенсорним монітором. Це дозволяє здійснювати наступні операції:

- обробку даних файлів форматів (DXF, NC-Data-ESSI, ISO/DIN стандарти) і дані Macro Labrary;
- потужну системну обробку даних Asper Win Macro Labrary, що спеціально розроблена для системи управління;
- відповідність файлів, що завантажуються DIN 66025;
- обробка даних з високої швидкістю;

- повторення робочих програм;
- графічне відображення процесу різання;
- можливість зупинки та запуску програми з моменту зупинки;
- можливість спостереження правильності виконання програми без режиму різання;
- виключення «недорізання»;
- вибір оптимальної траєкторії згідно технічним можливостям машини і попередня система підбору прискорення і швидкості різання;
- мінімізація простою машини завдяки високій швидкості завантаження програми;
- збереження даних про роботу машини;
- доступ до Інтернету і до локальної мережі;
- дистанційна діагностика і сервісне обслуговування машини;
- УП вносяться в систему управління крізь Ethernet або крізь USB порт.

1.3. Лінії повздовшньо-поперечного різання рулонного металу

Лінії повздовшньо-поперечного різання рулонного металу (Red Bud Industries) типу Hi Focus 360, Hi Focus 80, Fine Focus 800 (рис. 1.10).

Штабелеукладач, що змонтований разом з гільотиною не потребує установки за гільотиною транспортного конвейєру.

Роботизована система поділення і позиціонування штрипсу автоматично встановлює і блокує в потрібному положенні розподільні диски. Система завантаження палет забезпечує автоматичне завантаження і позиціонування групових піддонів простим натисненням на кнопку. Дана система дозволяє в скорочені терміни виводити за лінію завантажені палети і встановлювати пусті.



Рис. 1.10. Машины газокисневого і плазмового різання типу Hi Focus 360, Hi Focus 80, Fine Focus 800

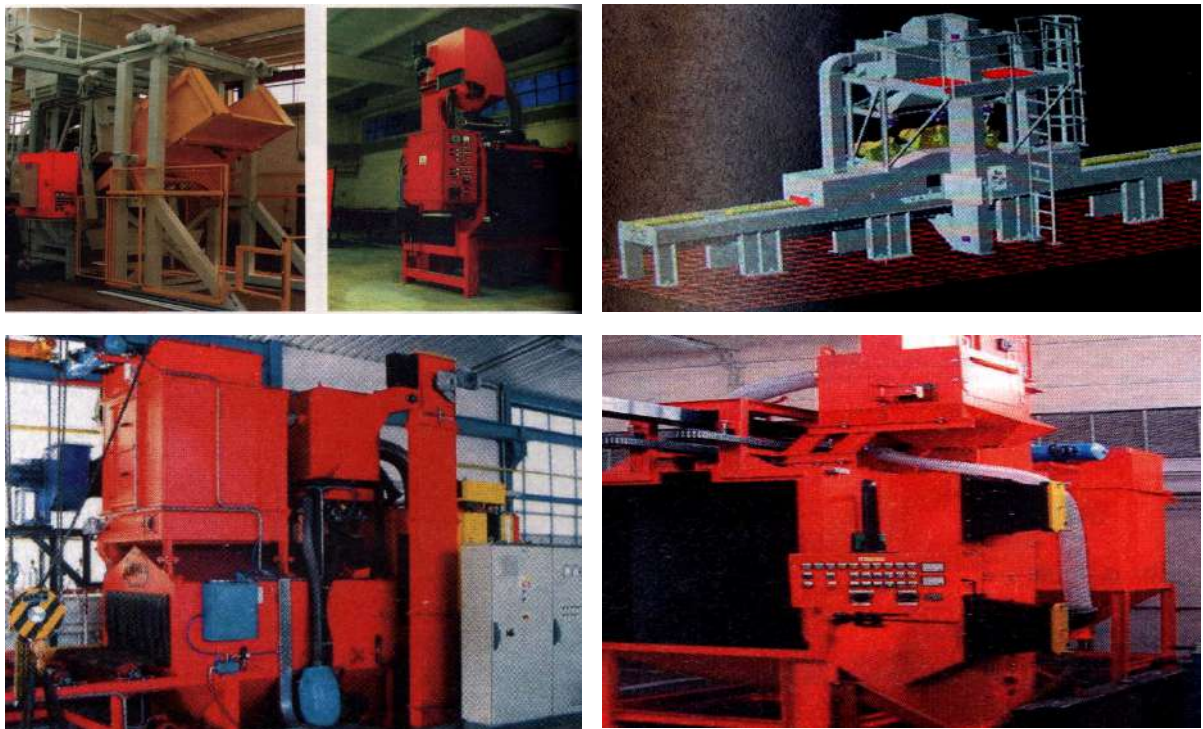


Рис. 1.11. Машины газокисневого і плазмового різання

Розподілювач штабелів розрізаних листів лінії повздовшньо-поперечного різання рулонного металу забезпечує розподіл по сторонах звітних паллет для подальшої особистої упаковки. В ході розпуску стрічки система подачі матеріалу на основі захватів точно позиціонує і вирівнює штрипс, що дозволяє забезпечити високі характеристики точності.



Рис. 1.12. Лінії повздошньо-поперечного різання рулонного металу

1.4. Витяжні правильні машини для поперечного різання рулонного металу великої товщини

Витяжні правильні машини для поперечного різання рулонного металу (Red Bud Industries) забезпечують кращий результат, ніж правильний стан, і має суттєві переваги з іншими правильними технологіями. Оскільки тиск витяжної правильної машини перевищує значення пластичної деформації по всій поверхні матеріалу, то весь процес забезпечує відмінну плоскість матеріалу з високим ступенем стабільності.

Системи обробки рулонної сталі

Системи обробки рулонної сталі компанії DBI (рис. 1.13) включають цілий комплекс виробленої продукції:

- дресеровочні стани;
- стани холодної прокатки;
- лінії травлення;
- лінії безперервного фарбування (рис. 1.12);
- лудильні і лінії хромування, цинкування (рис. 1.13).

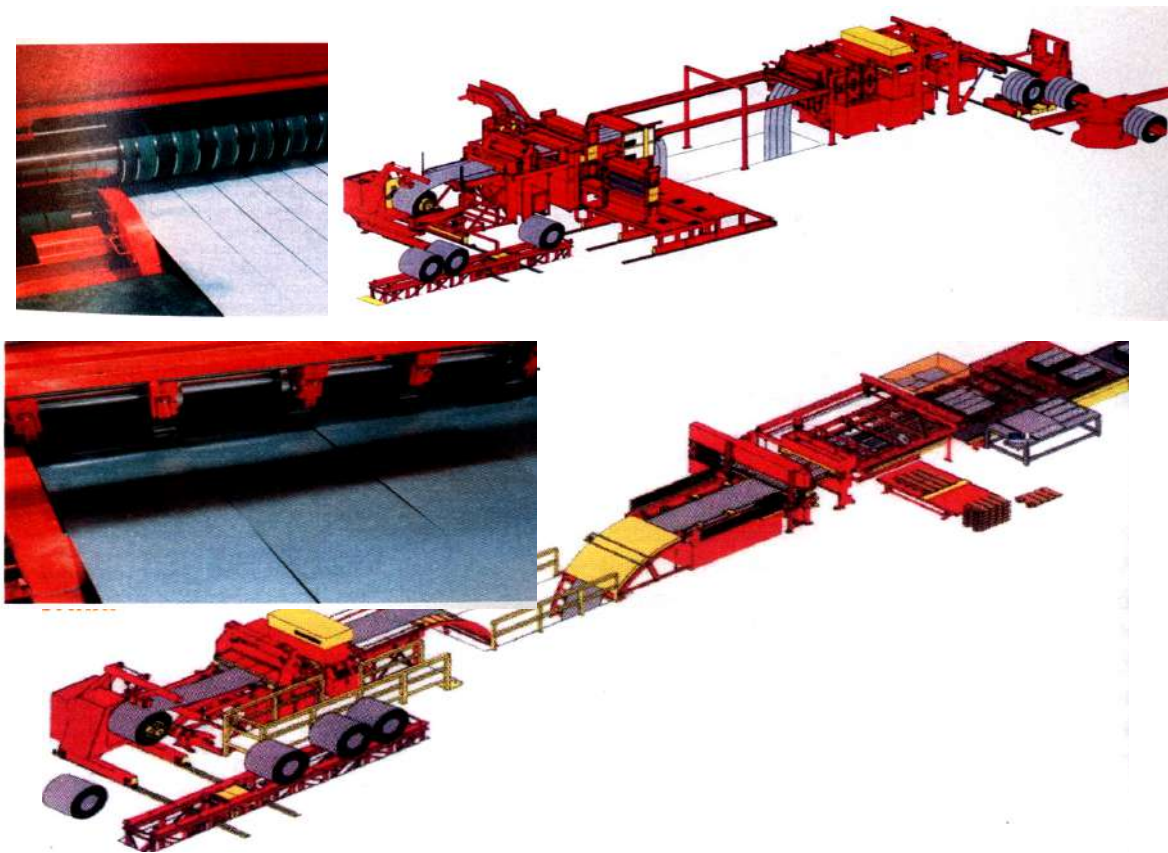


Рис. 1.13. Системи обробки рулонної сталі компанії DBI

Основною особливістю різальної головки з ЧПУ є висока швидкість її налагодження, а система автоматичного блокування ножів утримує їх в заданому положенні простим натисненням на кнопку, що забезпечує її доступ по ширині $\pm 0.127\text{мм}$.

При застосуванні даної системи відпадає необхідність використання виделкоподібних завантажувачів, що суттєво підвищує ефективність системи і попереджує ушкодження готових виробів.

1.5. Лазерний розкрій листового металу

Принцип лазерного розкрою листа полягає в тому, що лазерний промінь з генератора крізь оптичний шлях попадає в лазерну головку. Далі крізь сопло промінь попадає на поверхню листа і розігріває його.

В зону різання крізь головку і сопло подається з визначеним тиском газ (кисень, азот або стисле повітря). Таким чином, розплавлений метал видувається і при переміщенні головки по поверхні листа здійснюється розкрій металу.

Сучасні комплекси лазерного розкрою складаються з наступних систем і вузлів:

- лазерного генератора;
- системи наведення і доставки лазерного променя в точку різання;
- системи компенсації змінення довжини лазерного променя;
- лазерної головки (рис. 1.14—1.17);
- системи ЧПУ і приводів;
- станини комплексу;
- системи охолодження;
- системи відбору відпрацьованих газів і продуктів спалення із зони обробки.



Рис. 1.14. Лазерний розкрій листового металу

Лазерний генератор компанії LVD дозволяє досягти потужності лазерного випромінювання на виході до 6 кВт. В ролі активної речовини використовують суміш трьох газів (N_2 , CO_2 , He) [2].

Лазерні машини для стикового зварювання фірми *IDEAL*

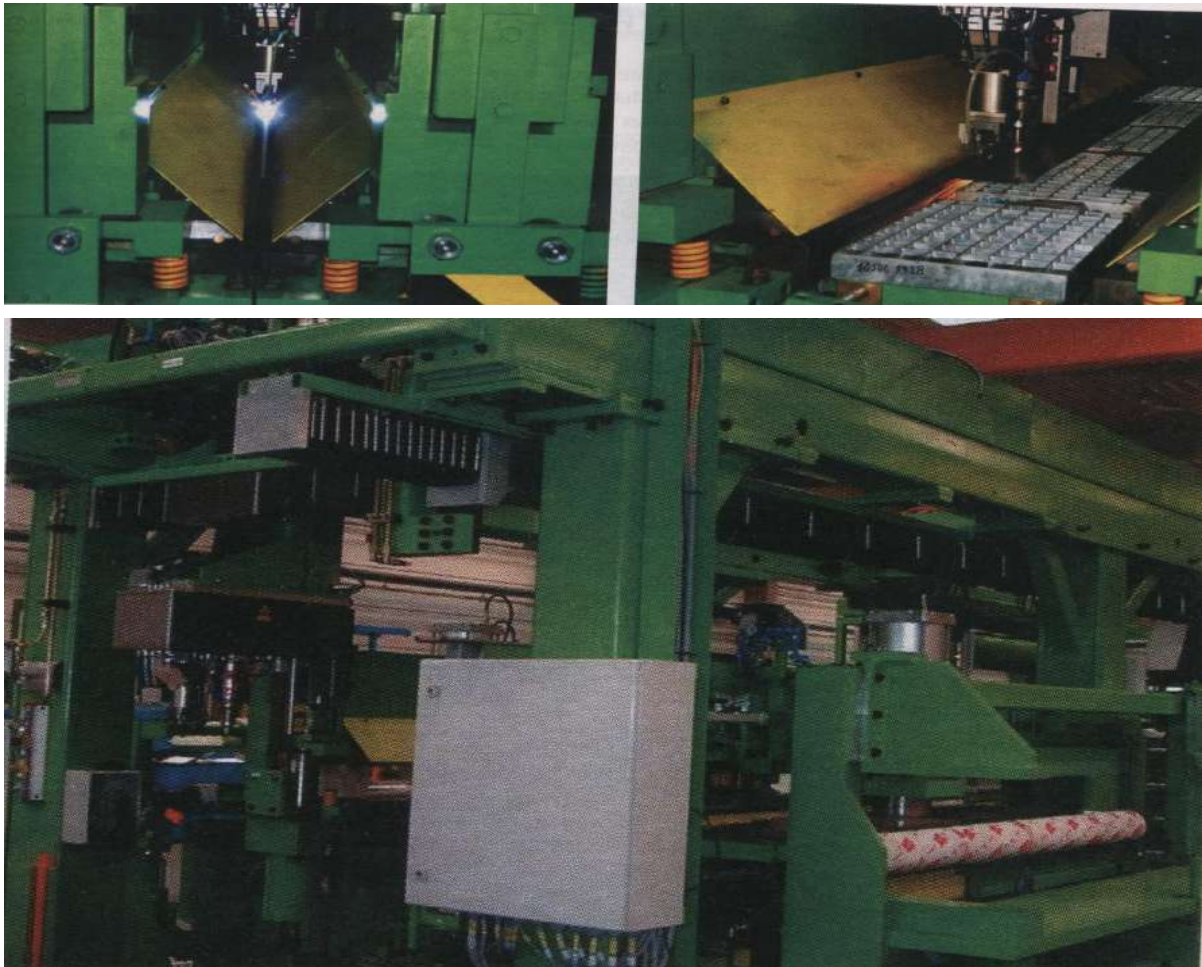


Рис. 1.15. Лазерні машини для стикового зварювання фірми *IDEAL*

Цей лазерний газ попадає в розрядну трубку і під дією випромінювання від електродів здійснюється наступний цикл:

- газ N_2 збуджується на високий рівень енергії;
- газ N_2 віддає енергію (електронам на високому енергетичному рівні) газу CO_2 після зіткнення;
- газ CO_2 визиває випромінювання фотонів (лазерне світло), коли повертається на нормальний рівень;
- зіткнення з Гелієм (He) охолоджує молекули CO_2 ;

- процес відновлюється.

Лазерний зварювальний шов є оптимальним з'єднанням полос із всіх матеріалів і має наступні переваги:

- незначна деформація листа через мінімальну зону теплового впливу;
- оптимальна геометрія шва через мінімальну зону теплового впливу;
- можливість зварювання всіх матеріалів при використанні наступної термічної обробки;
- можливість зварювання при будь-якій якості поверхневої покриття.

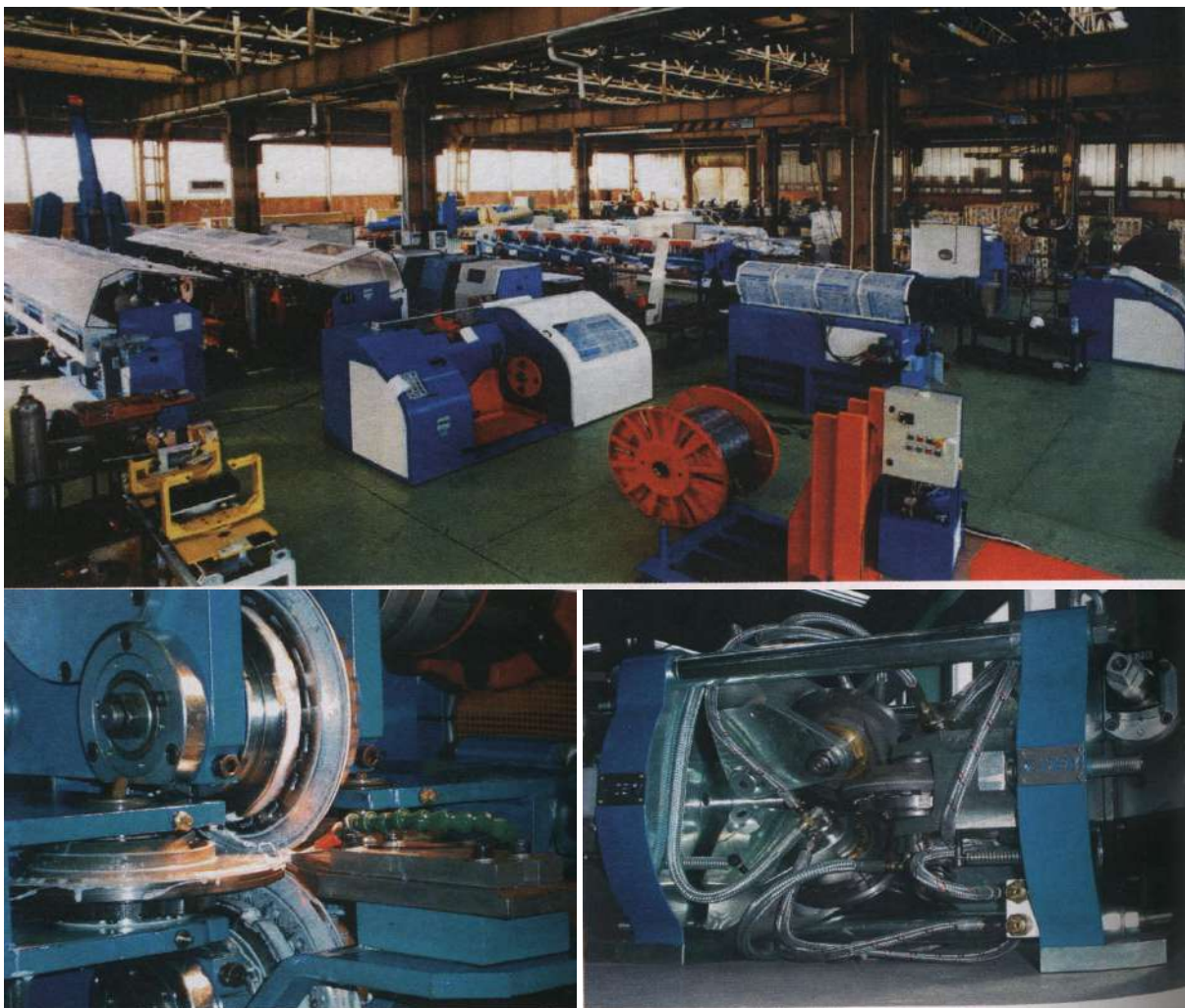


Рис. 1.16. Обладнання для стикового зварювання фірми **IDEAL**



Рис. 1.17. Модельний ряд комплексів лазерного розкрою фірми LVD ORION, AXEL, IMPULS

Компанія LVD оснащує лазерні комплекси генератором, приводами і системою ЧПУ всесвітньо відомої фірми Fanuc.

Такий інтегрований комплекс дозволяє системі ЧПУ керувати процесом лазерного різання і забезпечує оптимальну швидкість переміщення ріжучої насадки в реальному часі.

ЧПУ регулює величину енергії лазерного променя і тиск газу у звітності з переміщенням ріжучої насадки.

У результаті параметри різання налаштовуються на різні матеріали і товщину без втрати часу.

Модельний ряд комплексів лазерного розкрою фірми LVD Company N.V. ORION, AXEL, IMPULS представлений на рис. 1.17.

1.6. Гідравлічні преси

Гідравлічні преси приводяться в дію за допомогою рідини (води, масла) і ставляться до механізмів, що не мають твердого ходу. У період робочого ходу гідравлічних пресів енергія підвищує безупинно й швидкість їхніх рухливих частин зростає.

Гідравлічний прес являє собою складний агрегат, що включає: прес, пристрій, що живить прес рідиною високого тиску, -привод, пристрої для наповнення всієї установки рідиною (баки, клапани, трубопроводи) і пристрою для керування пресом (розподільники).

За родом привода гідравлічні преси підрозділяються на преси, що працюють безпосередньо від насоса, від насосно-акумуляторного привода й преси з мультиплікаційним приводом.

Гідравлічні преси будуються із зусиллям від 500 т (5 МН) до 15 000 т (150 МН) і більше. На пресах з зусиллям 1000 т (10 МН) можуть куватися злитки вагою близько 8 т, а на пресах із зусиллям 10 000 т (100 Мн) — злитки вагою близько 250 т.

Через необхідність установки насосів великої потужності гідравлічні преси безпосередньо з насосним приводом майже не застосовуються.

Гідравлічний прес із насосно-акумуляторним приводом (з безпоршневим акумулятором). Прес складається зі сталеві масивної плити 1 (рис. 1.18), укріпленої у фундаменті, у якій є рухливий стіл 2. Нижня плита 1 зв'язана чотирма сталевими колонами 3 з верхньою плитою 4, на якій укріплені робочий циліндр 1 5 і піднімальні (ретурні) циліндри 6. У робітнику та піднімальних циліндрах переміщуються плунжери — робітник 9 і піднімальні 10, скріплені з рухливими траверсами 7 й 8, які зв'язані між собою тягами 11. На столі преса 2 й у рухливій траверсі 7 укріплені жвави 36 й 37 з насосно-акумуляторним приводом.

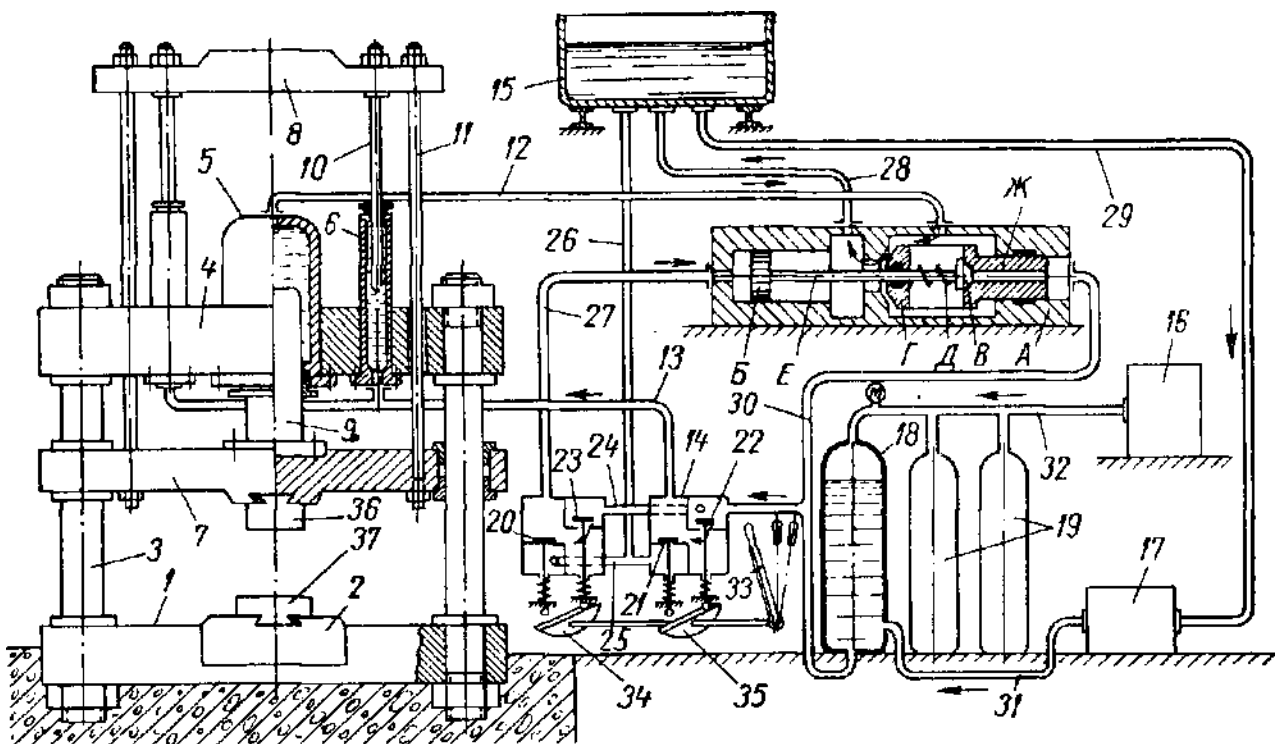


Рис. 1.18. Принципова схема пристрою гідравлічного преса

Робота преса здійснюється за допомогою почергового впуску води високого тиску 200—300 ат (20—30 Мн/м²) у робітник 5 і піднімальні 6 циліндри. Керування пресом здійснюється за допомогою клапанного розподільника 14 (дистрибутора). Відкриття

й закриття клапанів дистрибутора 20—23 робить машиніст, повертаючи важіль 33 з насадженими на його валу кулачками 34, 35.

Для заповнення циліндрів преса й всієї системи трубопроводів служить бак 15, установлений на висоті 10—15 м над рівнем підлоги. Прес може робити холостий хід (опускання), робочий хід (натискання), підйом траверси 7 і тримання її навісу. Звичайно холостий хід здійснюється водою низького тиску, що надходить із бака 15, а вода високого тиску, для натискання, впускається тільки в момент зіткнення верхнього бойка 36 з куванням.

Для виконання цієї операції служить так званий наповнюючий клапан А.

Вода високого тиску, що перебуває в акумуляторі 18, створюється насосом 17; стиснене повітря в балонах 19 підтримує відповідний тиск води в акумуляторі. Вода високого тиску подається в акумулятор від насоса 17 по трубопроводу 31, а поповнення стисненого повітря в балонах 19 здійснюється по трубопроводу 32 від компресора 16. Для опускання траверси 7 відкриваються за допомогою рукоятки 33 клапани 23 й 21; вода високого тиску з розподільника 14 по трубопроводу 24 через відкритий клапан 23 попадає в трубопровід 27 і переміщає поршень Б, наповнюючий клапан А вправо. При цьому клапан В, що перебуває на кінці штока Е, що проходить крізь клапан Г, замикає отвір у деталі Ж, переміщаючи її разом із клапаном Г вправо.

Вода низького тиску із трубопроводу 28 через сполучені камери наповнюючого клапана А попадає в трубопровід 12 і далі в робочий циліндр 5. Плунжер 9 із траверсою 7 опускаються вниз до зіткнення бойка 36 з куванням [3].

Одночасно із цим вода з піднімальних циліндрів 6 по трубопроводу 13 через відкритий клапан 21 витісняється в трубопроводу 25 й 26, потрапляючи в бак 15. Для деформації кування (при робочому ході) варто нажати на важіль 33, поворот якого здійснює закриття клапанів 22 й 23 з одночасним відкриттям клапанів

20 й 21. При цьому вода високого тиску, потрапляючи по трубопроводу 30 у наповнюючий клапан А, відкриває клапан В, що, переміщаючись уліво й стискаючи пружину Д, закриває клапан Г. У результаті закриття клапана Г вода високого тиску по трубопроводу 12 попадає в робочий циліндр 5, що й відповідає здійсненню натиску.

Підйом траверси 7 відповідає відкриттю клапанів 22 й 23 з одночасним закриттям клапанів 20 й 21. Тримання траверси 7 навісу відповідає відкриттю клапана 23 з одночасним закриттям клапанів 20, 21 й 22.

Зусилля преса при робочому ході може бути обчислене в такий спосіб:

$$P = pF\eta$$

де P - зусилля преса в кг (н);

p - тиск води високого тиску в кг/см²;

F - площа поперечного перерізу робочого плунжера в см² (м)²;

η - механічний к. п. буд., що враховує втрати на тертя, дорівнює 0,80-0,90.

Гідравлічний прес із мультиплікаційним приводом, гідравлічним підйомом (парогідравлічний прес). У цих пресах вода високого тиску створюється спеціальним пристроєм, названим мультиплікатором. Мультиплікатор 5 (рис. 1.19) складається із двох циліндрів — парового циліндра 3 і гідравлічного 10. Шток 6 поршня 4 є одночасно плунжером гідравлічного циліндра. Завдяки великому співвідношенню площ поперечного перерізу поршня 4 і штоки 6 пар, що подається в паровий циліндр 3 під тиском 10—12 ат, створює тиск води в гідравлічному циліндрі 500—600 ат (50—60 Мн/м²). Мультиплікатор служить тільки для здійснення робочого ходу. Підйом траверси здійснюється напорною водою від насосної станції паром або стисненим повітрям. При підйомі рухливої траверси преса важіль 16 встановлюється в положення

1, відкривається один із клапанів пристрою 17, і вода з тиском 100—200 ат (10—20 Мн/м²) по трубопроводу 9 попадає в піднімальні циліндри 2. При цьому вода низького тиску з робочого циліндра 1 по трубопроводу 8 витісняється через відкриті клапани 12 й 14 розподільного пристрою в трубопроводи 13 й 15 і далі в наповнючий резервуар 18 й у гідравлічний циліндр 10 мультиплікатора 5. При цьому шток 6 мультиплікатора піднімається й поршень 4 витісняє відпрацьовану пару. Для здійснення опускання траверси важіль 16 устанавлюється в середнє положення 11.

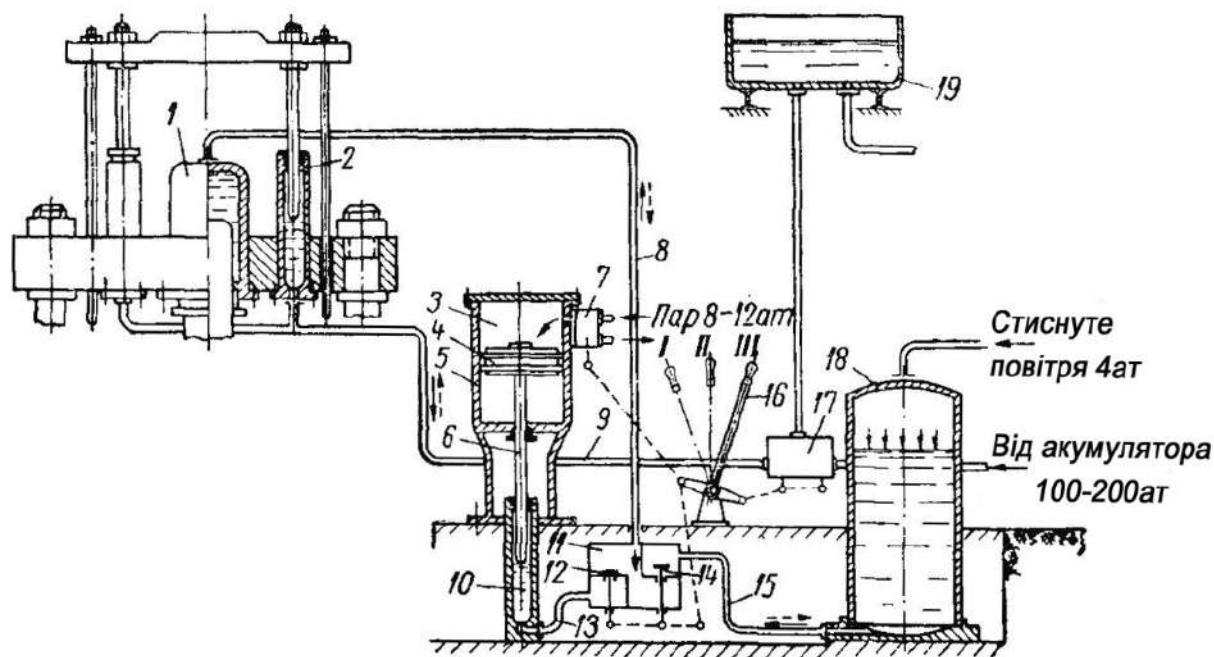


Рис. 1.19. Принципова схема пристрою парогідравлічного преса з гідравлічним підйомом

Вода з наповнюючого резервуара 18 по трубопроводу 15 через відкритий клапан 14 розподільного пристрою 11 попадає в трубопровід 8, а потім у робочий циліндр 1. При цьому вода низького тиску з піднімальних циліндрів 2 по трубопроводу 9 через клапанний пристрій 17 витісняється в бак 19. При зіткненні верхнього бойка преса з куванням здійснюється робочий хід за

допомогою включення мультиплікатора. Для цього важіль 16 переводиться в положення, пара впускається в паровий циліндр 3 через клапанний пристрій 7. Поршень 4 зі штоком 6 переміщуються вниз. 10 вода високого тиску, що утвориться в гідравлічному циліндрі по трубопроводу 13 через відкритий клапан 12 (при цьому клапан 14 закритий) і трубопровід 8 попадає в робочий циліндр. Для парогідравлічних пресів невеликий до 1500 т (15 Мн) застосовується паровий підйом. Загальний к. к. д. гідравлічних пресів з акумуляторним-насосно-акумуляторним приводом (наведений до енергії палива) становить 6—8 %, а парогідравлічних пресів з гідравлічним підйомом становить 1,5—2 % [4].

Механізація процесу вільного кування

Вільне кування є трудомістким і малопродуктивним процесом, тому механізація його операцій є винятково важливим завданням, що сприяє поліпшенню умов праці й підвищенню продуктивності. Найбільш трудомісткими операціями при вільному куванні є посадка злитків (заготівель) у піч, видача їх з печі й транспортування до деформуючих машин, поворот (кантування) заготівель під час кування, контроль розмірів поковок у процесі кування, зміна інструмента й т.п.

Багато які із зазначених операцій не можуть бути здійснені вручну, тому застосовуються різні механізми. Основні засоби механізації при вільному куванні вибираються залежно від форми й розмірів заготовки, від роду встаткування (прес або молот), типу нагрівальної печі, установленної в кувальному агрегаті, і від характеру виробництва (індивідуальне, серійне й т.п.).

Найбільш розповсюдженим механізмом є мостовий кран із двома візками, за допомогою якого здійснюється підйом і транспортування злитків (заготовок), підтримка їх під час кування, подача й зміна різного інструмента (бойка, оправлення, патрона).

Для кування поковок на молотах застосовуються різного роду лебідки, посадкові машини (для завантаження заготовок у піч),

однорейкові шляхи з підвісними кліщами, кувальні поворотні крани й т.п. При багатосерійному виробництві поковок типу вагонних осей, гладких валків і т.п. до кувальних молотів рекомендується встановлювати підложні рейкові маніпулятори й електровізки з поворотним столом.

При змішаному виробництві (крупно- і дрібносерійне) до пароповітряних кувальних молотів встановлюються камерні нагрівальні печі, кувальні рейкові маніпулятори й кувальні поворотні крани. При дрібносерійному й одиничному виробництві поковок до кувальних молотів звичайно встановлюються поворотні крани.

При куванні на гідравлічних пресах велике застосування мають підвісні електричні кантувачі й маніпулятори.

Електричні кантувачі являють собою механізми зі звисаючим замкнутим ланцюгом, що мають електричний привід з редуктором і підвішують до кранового гака.

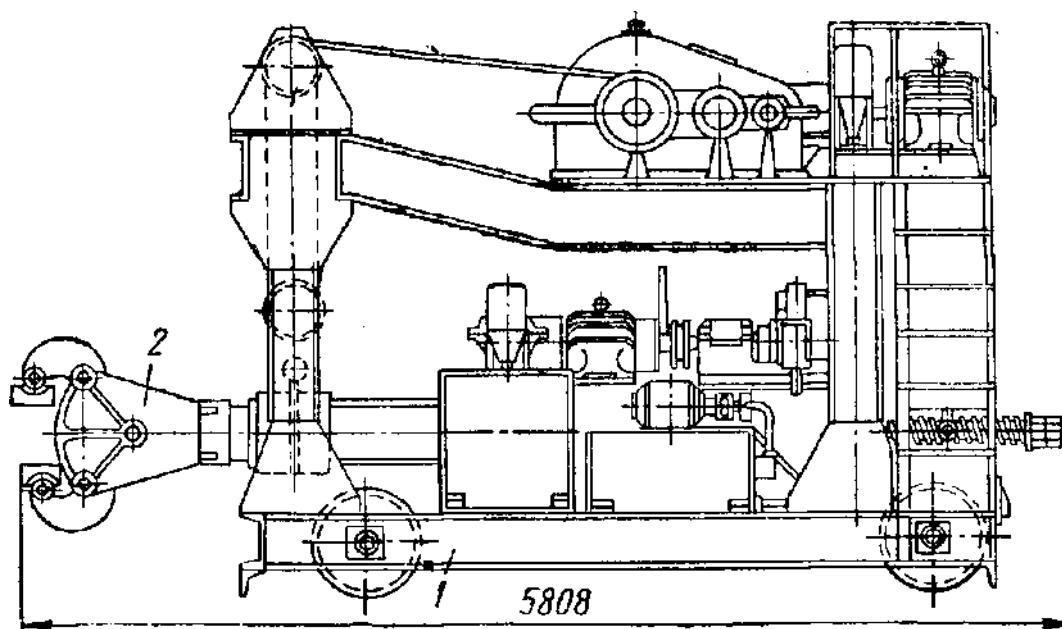


Рис. 1.20. Загальний вид підложного рейкового маніпулятора

При нерухомому звисаючому ланцюзі відбувається тільки підтримування кінця злитка або патрона, а при її обертанні — ка-

нтування злитка навколо поздовжньої осі. Керування кантувачем здійснюється крановиком мостового крана.

Більше універсальними механізмами є підложні маніпулятори рейкового й безрейкового типів. Як ті, так й інші застосовуються для завантаження заготівель у піч і видачі з її заготівель, для подачі заготівлі до преса або молота, а також для тримання й переміщення її під час кування. На рис. 1.20 зображений загальний вид підложного рейкового маніпулятора.

Маніпулятор являє собою візок, що переміщається по залізничних рейках, на якій установлені електричний і пневматичний приводи, що здійснюють як пересування самого візка 1, так і відповідну роботу хобота 2.

Хобот затискає заготівлю, робить підйом її нагору й робить кантування навколо поздовжньої осі. Більше універсальними маніпуляторами є такі, які крім зазначених рухів здійснюють ще й поворот хобота навколо вертикальної осі. Керування маніпулятором здійснюється машиністом [5].

Рейкові маніпулятори будуються вантажопідйомністю до 75 т. Сучасні преси забезпечуються двома маніпуляторами, установленими по обидва боки преса. Безрейкові маніпулятори являють собою візки автомобільного типу й можуть здійснювати затиснення заготівлі, підйом й опускання хобота, поворот його на 360° в обидва боки, а також переміщення хобота нагору й униз. Безрейкові маніпулятори дуже компактні, більш маневрені ніж рейкові, і будуються з вантажопідйомністю від 500 кг до 10т.

До числа засобів механізації процесу кування ставиться устаткування гідравлічних пресів пересувними столами, які дозволяють заздалегідь установити робочий інструмент (бойки) і в міру потреби вводити їх у дію при пересуванні стола. На рис. 1.21 зображена схема гідравлічного преса з рухливим столом.

Стіл преса 1 переміщається в станині 2 у напрямку стрілок А и Б за допомогою гідравлічних циліндрів 3 із плунжерами 4.

Для фіксації положення стола з інструментом є бічний гідравлічний стопор. Іноді преси забезпечуються нижніми гідравлічними виштовхувачами, що розташовуються в підставі преса по його центральній осі.

Як зазначалося вище, вимір поковок у процесі кування через високу температуру металу і його великого обсягу представляє досить трудомістку операцію для ковалів. Тому застосування так званих непрямих методів виміру, що полягають у фіксації відстані між бойками преса, є досить перспективним. У цей час у виробництво впроваджений спосіб автоматичного виміру висот і діаметрів поковок за допомогою радіоактивного датчика. Показання датчика зв'язуються із системою керування пресом, завдяки чому досягається автоматизація роботи преса за заданим режимом кування.

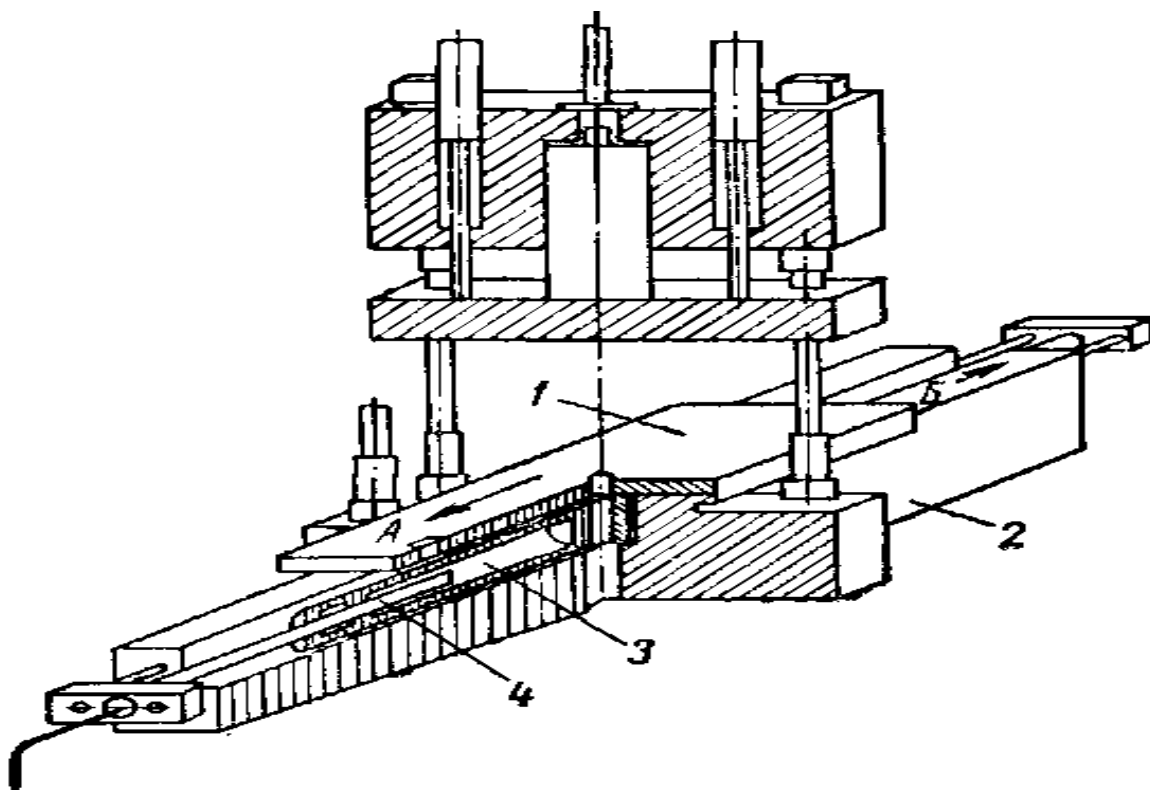


Рис. 1.21. Схема пристрою рухливого стола гідравлічного преса

Витягування на листоштампувальних молотах і гідравлічних пресах

Цей спосіб витягування застосовується головним чином у дрібносерійному виробництві виробів, що мають часто мінливу форму, коли використання звичайних штампів недоцільне, внаслідок значної вартості й тривалості їх виготовлення.

Для штампування на листоштампувальних молотах використовуються прості литі свинцево-цинкові штампи або штампи з міцних легкоплавких сплавів (АЦ 13-2, ЦАМ53 та ін.). Штампування на молотах магнієвих і титанових сплавів ВТ1 роблять у нагрітому стані з підігрівом штампів. У цьому випадку матриці штампів роблять зі сталі і чавуну і підігрівають до 300 °С, цинкові матриці підігрівають до 200—220 °С.

На листоштампувальних молотах виконують різноманітні штампувальні операції: гнуття, витягування, формування, відбортовування.

Процес витягування на листоштампувальних молотах відбувається за невелику кількість ударів з поступовим збільшенням енергії ударів, причому глибина ходу обмежується або фанерними кільцями, що укладаються на фланець заготівлі з поступовим зняттям, або гумовими багатошаровими накладками, які встановлюються в робочу порожнину матриці. Штампування на молотах майже завжди дає складки на фланці, а іноді й на самому виробі, які усуваються, звичайно, ручним виправленням. Значним недоліком цього способу є збільшена витрата матеріалу на обріз і фланці, що обрізуються після штампування, а також підвищений відсоток браку. Останнім часом освоєно спосіб штампування на листоштампувальних молотах гумою. Штампування проводиться гумою, укладеною в контейнер, підвішений до поперечини молота.

Технологія штампування гумою на листоштампувальних молотах аналогічна штампуванню гумою на гідравлічних пресах. Цей

спосіб дозволяє виконувати ряд витяжних робіт у цехах, що не мають гідравлічних пресів.

Практичний інтерес представляє метод реверсивного витягування, виконуваний за дві операції. У першій операції проводиться набір металу опуклістю нагору з утворенням обводу по контуру, а в другій — вивертанням опуклості у зворотній бік.

Розроблено і впроваджено у серійне виробництво спосіб пульсуючого витягування на листоштампувальних молотах з складкоутворенням. До штока молота прикріплюється гумово-рідинна матриця 1, а на стіл установлюється пристрій, що складається з жорстко закріпленого витяжного пуансона 2 і притискувача 6, що опирається на поршень 3 — гідравлічного циліндра 5. Останній з'єднаний із клапанною системою й повітряним акумулятором (рис. 1.22). У процесі роботи притискувач періодично опускається вниз і піднімається нагору гідравлічним акумулятором. Корпус гумової матриці витримує тиск до 800 кгс/см^2 .

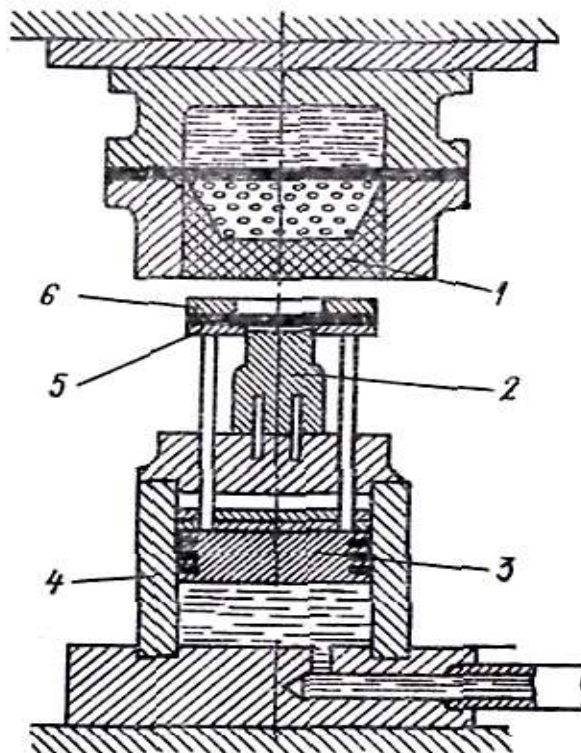


Рис. 1.22. Схема установки для витягування із складкоутворенням на листоштампувальних молотах

Перед штампуванням, на заготовку встановлюють матрицю-накладку б і роблять серію ударів, які відгинають фланець заготовки. Потім відбувається витягування зі складкоутворенням, і при різкому підвищенні тиску під поршнем відбувається випрямлення складок (рис. 1.23). При цьому способі досягають досить високих коефіцієнтів витягування (0,48—0,5). Крім циліндричних деталей можна виготовляти деталі конічної й прямокутної коропоподібної форми.

Останнім часом розроблено і впроваджено у промисловість спосіб пульсуючої витяжки з складкоутворенням і нагріванням фланця заготовки.

На рис. 1.23 наведені схеми пульсуючого витягування з складкоутворенням і нагріванням фланця заготовки. Фланець заготовки нагрівається від контакту з нагрітими частинами штампа (рис. 1.24, а). Потім притискувач піднімається на величину f , а пуансон опускається, внаслідок чого на фланці утворюються складки (рис. 1.24, б). Притискувач опускається вниз і розгладжує складки (рис. 1.24, в). Потім процес складкоутворення повторюється (рис. 1.24, з). У даному способі витяжки, опір фланця й напруження в небезпечному перерізі значно знижені, завдяки чому можлива більш глибока витяжка.

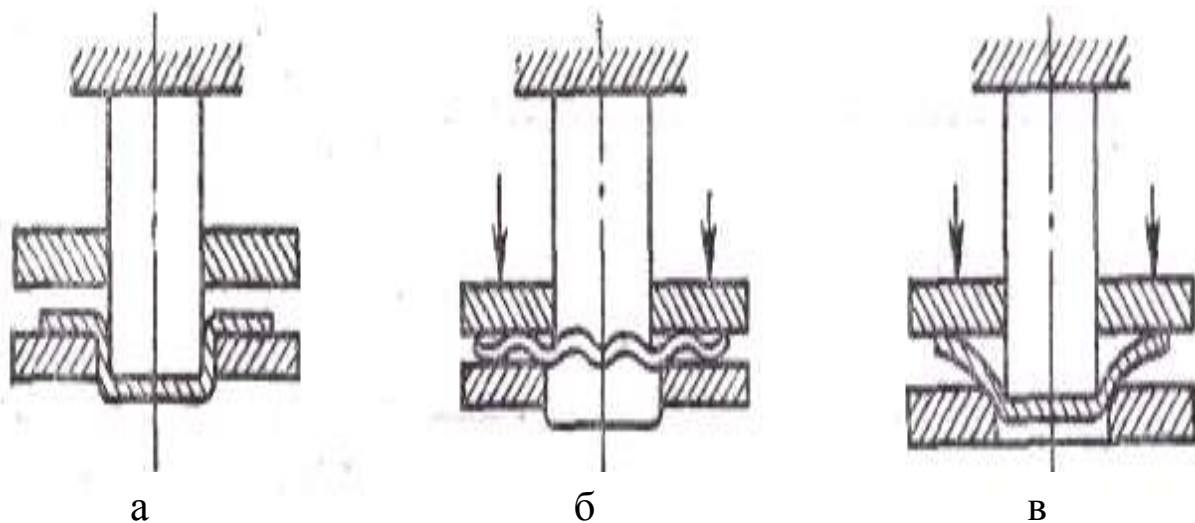


Рис. 1.23. Схема утворення й випрямлення складок

За одну операцію пульсуючого витягування з нагріванням одержують деталі з коефіцієнтами витягування в 1,5—2 рази більшими, ніж при витягуванні з підігрівом заготовки ($K = 5,0 \div 5,7$).

Спосіб пульсуючого витягування випробуваний на сплавах АМг6М, Д16АМ, Д16АТ, МА3М і ВІД- 4-0.

Для даного процесу розроблені й впроваджені гідравлічні преси ПГВ-1, ПГ-13, ПМШ-500.

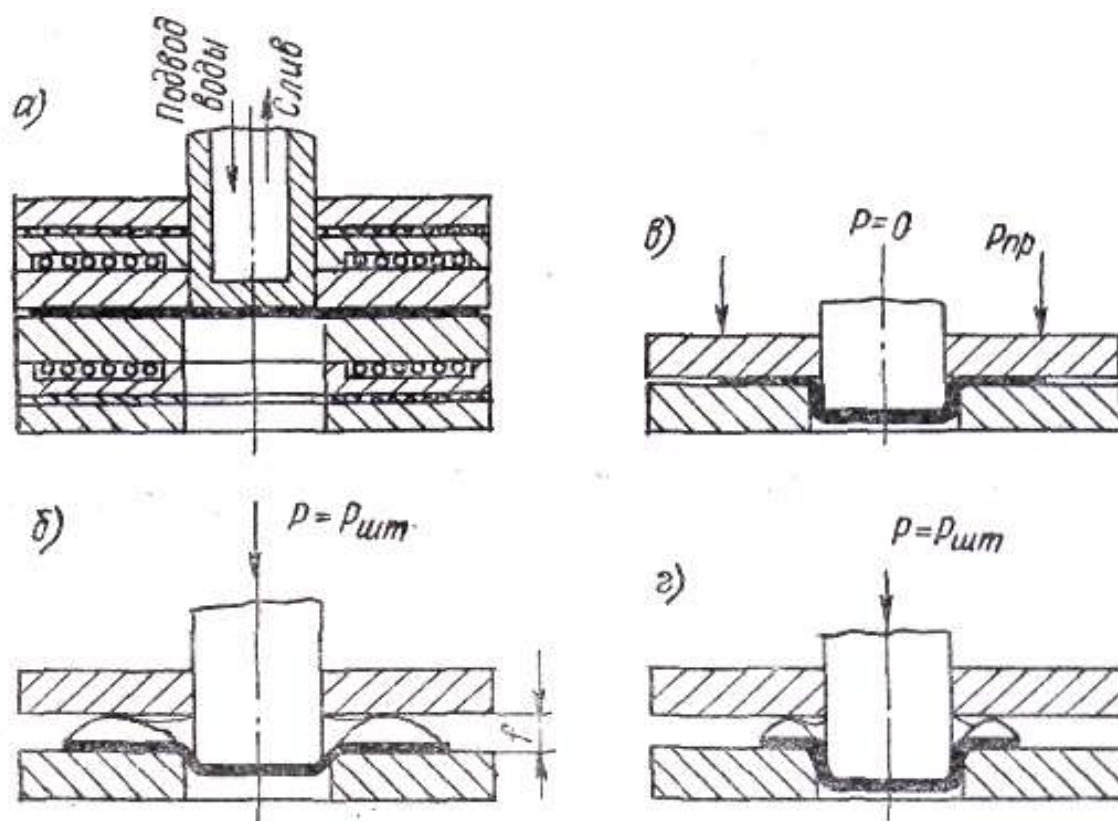


Рис. 1.24. Схема пульсуючого витягування з складкоутворенням

1.6.1. Координатно-пробивні преси

Револьверні координатно-пробивні преси виробництва LVD/Strippit (Бельгія, США) об'єднують усі останні розробки в цій галузі. Відрізняються компактністю і жорсткістю конструкції, використанням вузлів і компонентів від світових лідерів

(Fanuc, Bosch), зручністю для операторів системи переналагодження і завантаження і розвантаження, високою продуктивністю і надійністю.

Процес вирубки листового металу на координатно-пробивних пресах можна умовно розподілити на сім послідовних фаз:

- фіксація, коли повзун верстата під дією гідроприводу наближується до верхньої частини пуансону, переміщує його донизу і стискає пружину знімача (здійснюється контакт між матрицею, знімачем і листом);
- проникнення, коли тиск пружини збільшується і знімач притискає лист з великим тиском (до 10 % від тиску пробивання), а пуансон здійснює тиск на лист і матеріал починає деформуватися;
- різання, коли рух пуансону продовжується, пружини знімача стискаються до дотику витків, що сприяє проникненню пуансона в лист (врізання профілю пуансона);
- повне проникнення пуансону, коли досягається межа значення міцності на порив металу і здійснюється вирубка висічки, а пуансон повністю проникає у лист;
- проштовхування висічки, коли застосовують спеціальні матриці Slug hugger з насічками, а пуансон проникає на величину більшу ніж товщина листа;
- повернення пуансону, коли повзун стакана рухається доверху, пружини розпрямлюються, пуансон рухається доверху і при цьому він залишається в контакті з повзуном, а знімач залишається в контакті з листом;
- визволення листа, коли пуансон повертається у верхнє положення, весь механізм утримання пуансону підіймається над листом.

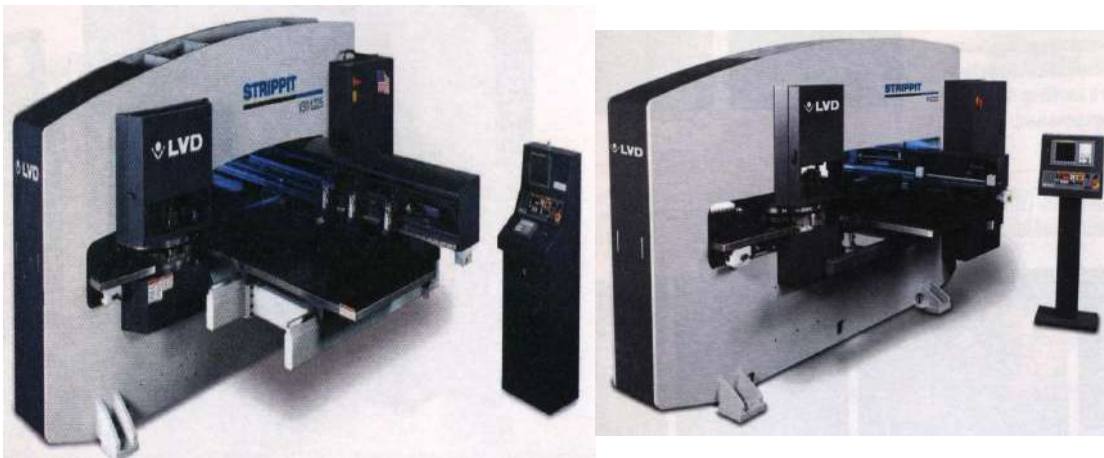


Рис. 1.25. Координатно-пробивні преси LVD

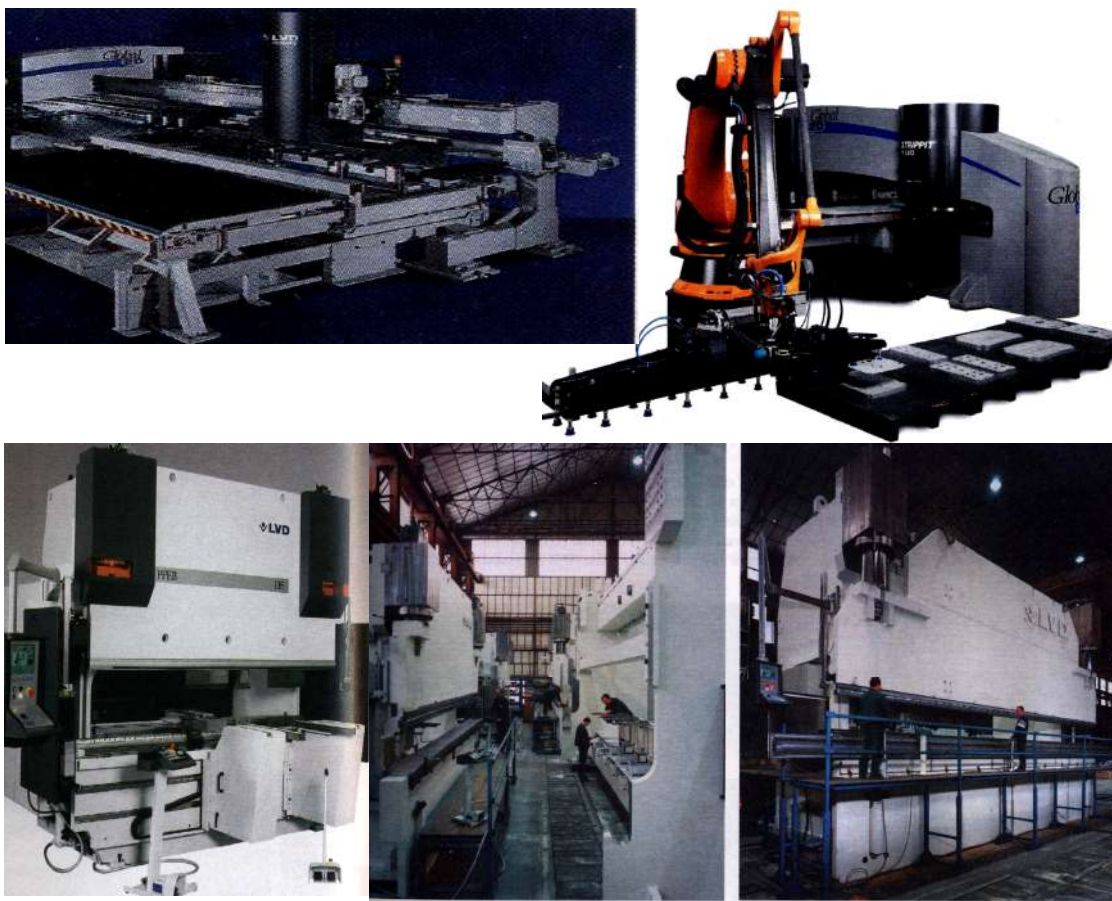


Рис. 1.26. Координатно-пробивні преси LVD

Револьверні координатно-пробивні преси виробництва LVD/Strippit P,S,V (рис. 1.25, 1.26) управляються єдиною цифрою системою ЧПУ Fanuc, що дозволяє оператору верстата ство-

ривати, редагувати, завантажити і міняти програми управління для координатної пробивки.

1.7. Гідравлічні листозгинальні преси

Гідравлічні листозгинальні преси виробництва LVD N.V. є найбільш поширеними серед виробників даного типу обладнання.



Рис. 1.27. Гідравлічні листозгинальні преси

У більшості випадків згинаючі операції є заключними серед формоутворюючих в технологіях обробки листового металу.

Модельний ряд пресів складається з наступних серій (рис. 1.26—1.27):

- серія PPS- ефективні економічні рішення для операцій згинання і не потребує високої точності деталей, що виробляються;
- серія PPRM- високошвидкісне згинання малогабаритних деталей;
- серія PPEC- високоякісне згинання листа у виробництвах, що не потребують утворення сквозних комп'ютерних технологій виготовлення деталей;
- серія PPEB - основна лінійка пресів з широкими можливостями установки додаткового обладнання (засобів вимірювання і автоматизації).

1.8. Гільйотинні ножиці

Технологія розрізання на гільйотинних ножицях полягає в тому, що для розрізання листа використовують два ножа, нижній з яких закріплений нерухомо, а верхній рухається вертикально з різними кутами при нахлоні (рис. 1.28).



PPEB 320/30

Рис. 1.28. Гідравлічні листозгинальні преси

Стандартний ряд гільйотинних ножниць компанії LVD N.V. починається з максимальною товщиною різання 6.35 мм (конструкційна сталь) і довжиною різання 3100 мм і закінчується ножницями товщиною 20 мм з довжиною різання 6200 мм [2].

1.9. Штампувальні преси

Модельний ряд штампувальних пресів фірми SEYI може задовольнити найрізноманітніші потреби замовника за межовим тиском пресування, розміром робочого стола та числом робочих ходів за хвилину. Всі преси оснащені комп'ютерною системою управління, що дозволяє з високою точністю контролювати положення повзуна.

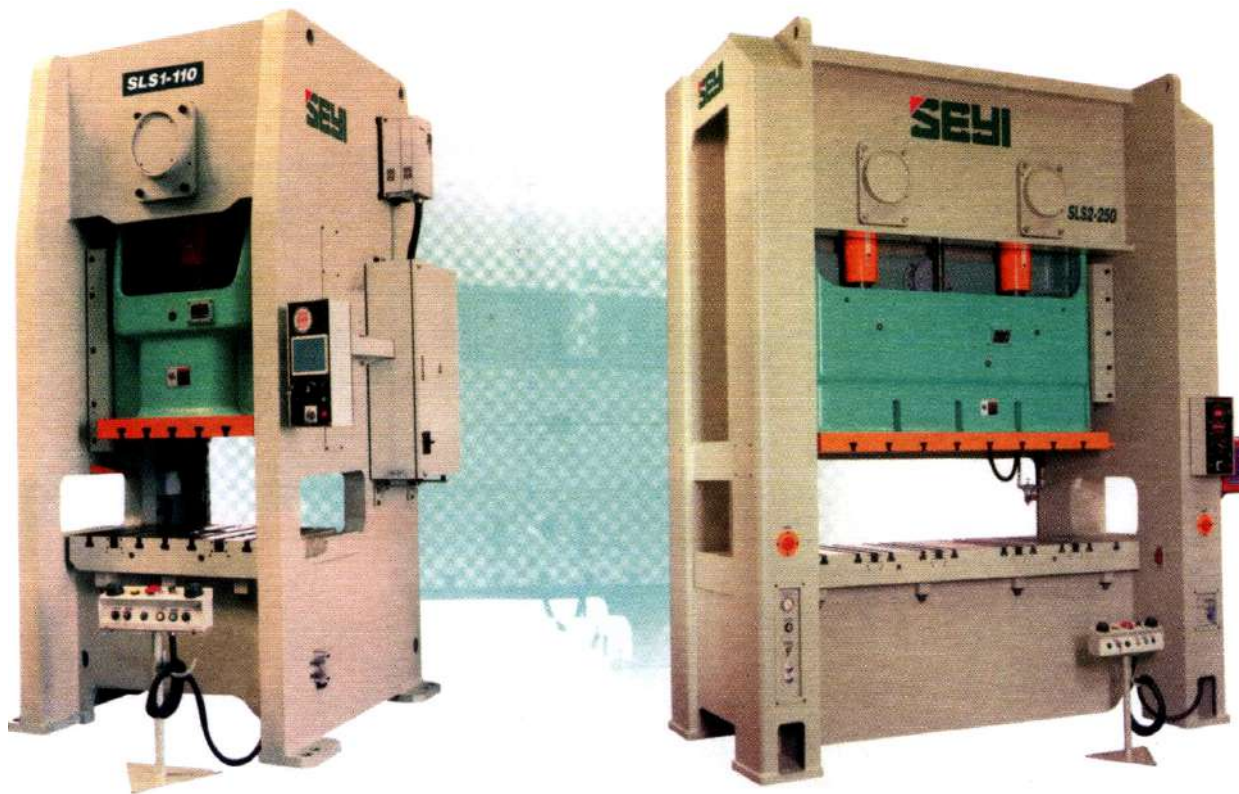


Рис. 1.29. Штампувальні преси серій SLS1 – 110 і SLS2 – 250

Кривошипно-шатунні преси серії SN1 і двокривошипні преси серії SN2, кривошипно-шатунні прецизійні преси серії SL1 двокривошипні преси серії SL2 (рис. 1.29—1.33), центральні кривошипні і двох кривошипні преси серій SNS1, SNS2, SLS1, SLS2, SAG, гідравлічні преси серії SE2, чеканочні кривошипно-коленні серії SM1, кривошипно-важельні високошвидкісні серії SM2, високошвидкісні прецизійні преси серії SH1, SH2, преси холодної формовки серії SPF2 (рис. 1.30—1.37) — неповний перелік, що випускає фірма SEYI.

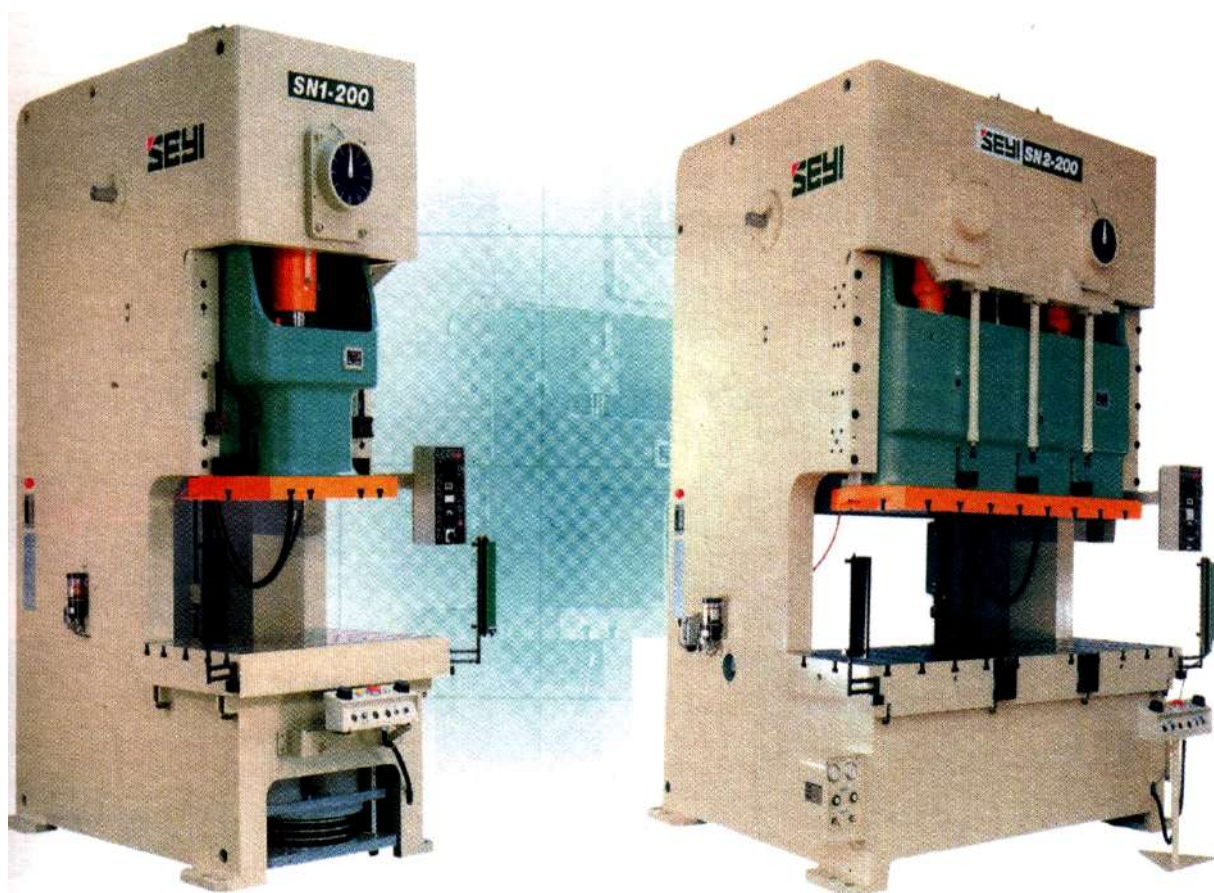


Рис. 1.30. Штампувальні преси SN1-200, SNS2-300

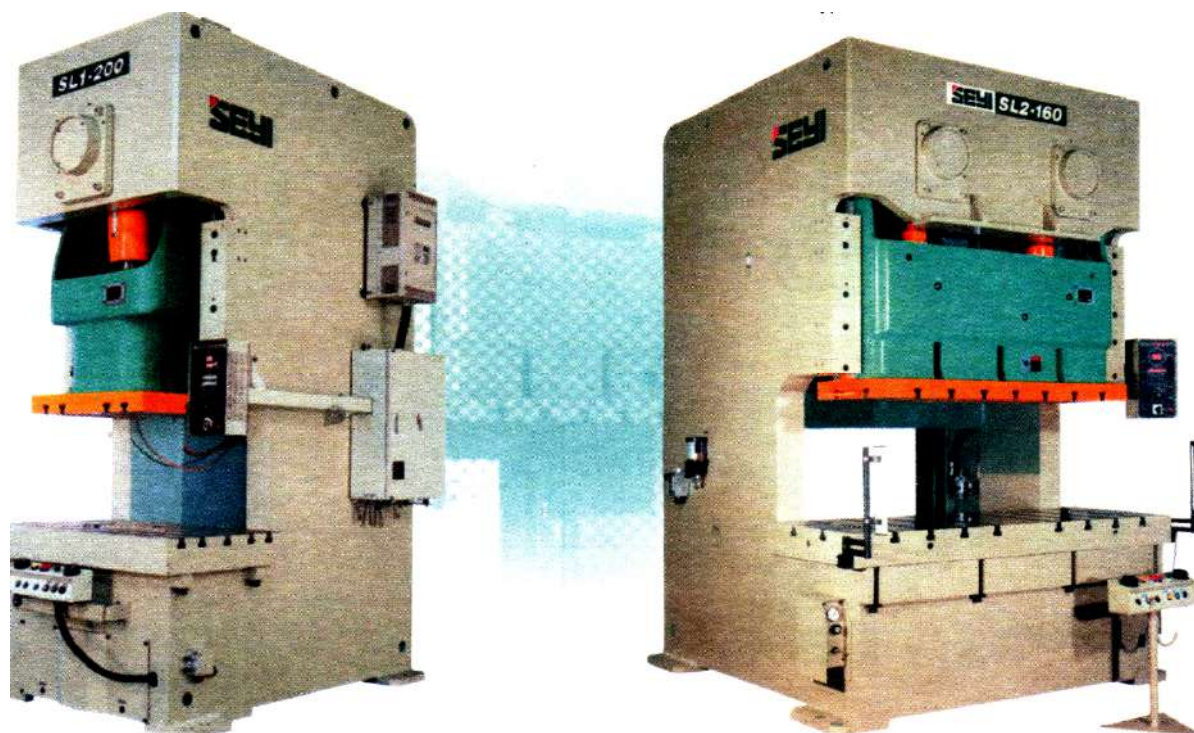


Рис. 1.31. Штампувальні преси SL1-200, SL2-160



Рис. 1.32. Штампувальні преси SM1-500, SM2-300

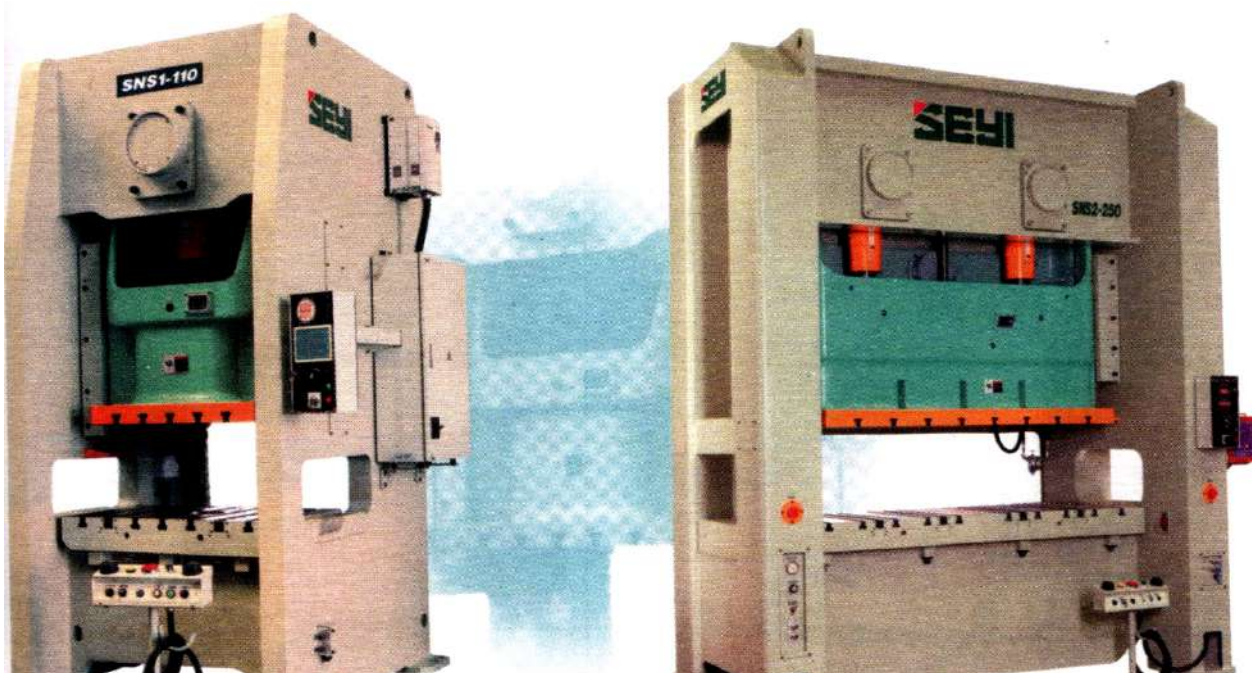


Рис. 1.33. Преси кривошипно-шатунні прецизійні преси серії SNS1-110 SNS2-200



Рис. 1.34. Центральні кривошипні і двокривошипні преси серій SAG-500 і SAG-400



Рис. 1.35. Штампувальні преси SH-30 і SH-45



Рис. 1.36. Штампувальний прес, SPF2-200



Рис. 1.37. Верстаты для вирубки *PM-80LT*, *PM-55*, *PMNC*, *HBM-40*, *PM-80T-ANCI*

Розділ 2

МЕХАНІЧНА ОБРОБКА

2.1. Токарна обробка, фрезерування, шліфувальна обробка

Інноваційні технології у виробництві токарних верстатів і обладнання до них відносяться до Японської компанії MORI SEIKI /THE MACHINE TOOL COMPANY/. Вся лінійка обладнання, що випускає MORI SEIKI, є впровадженням сучасних передових технологій в галузі верстатного будівництва [6].

Токарні двокоординатні верстати серії Dura Turn є бюджетним рішенням для виробництв, де одночасно важливо точність, продуктивність і надійність. У названих верстатах використовують ролики, як елемент кочення, що забезпечує високу жорсткість при високій динаміці приводів (рис. 2.1).

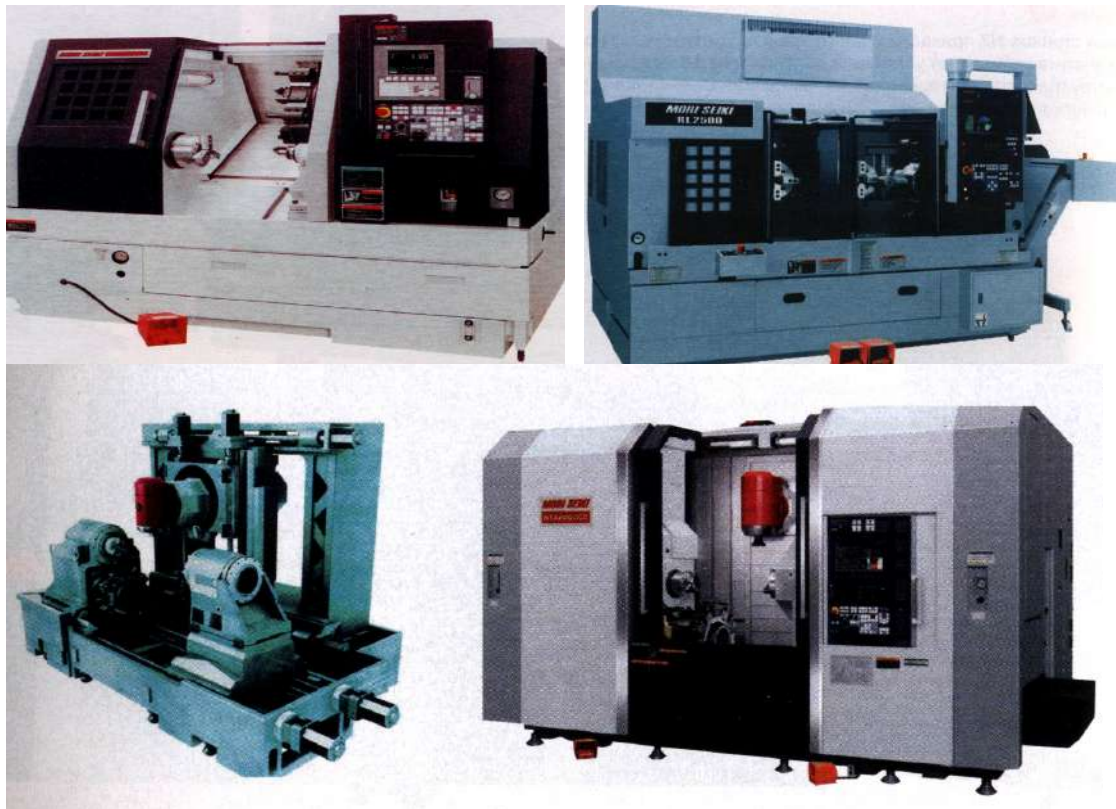


Рис. 2.1. Токарні двокоординатні верстати серії *Dura Turn*

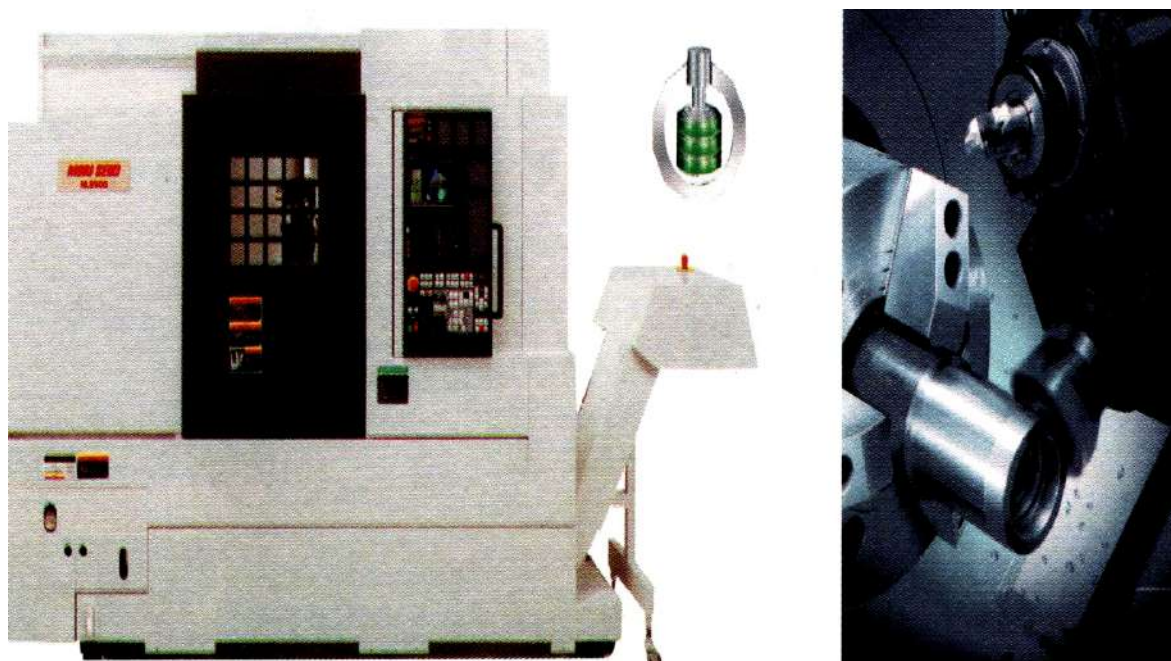


Рис. 2.2. Токарні двокоординатні верстати серії *MORI SEIKI*

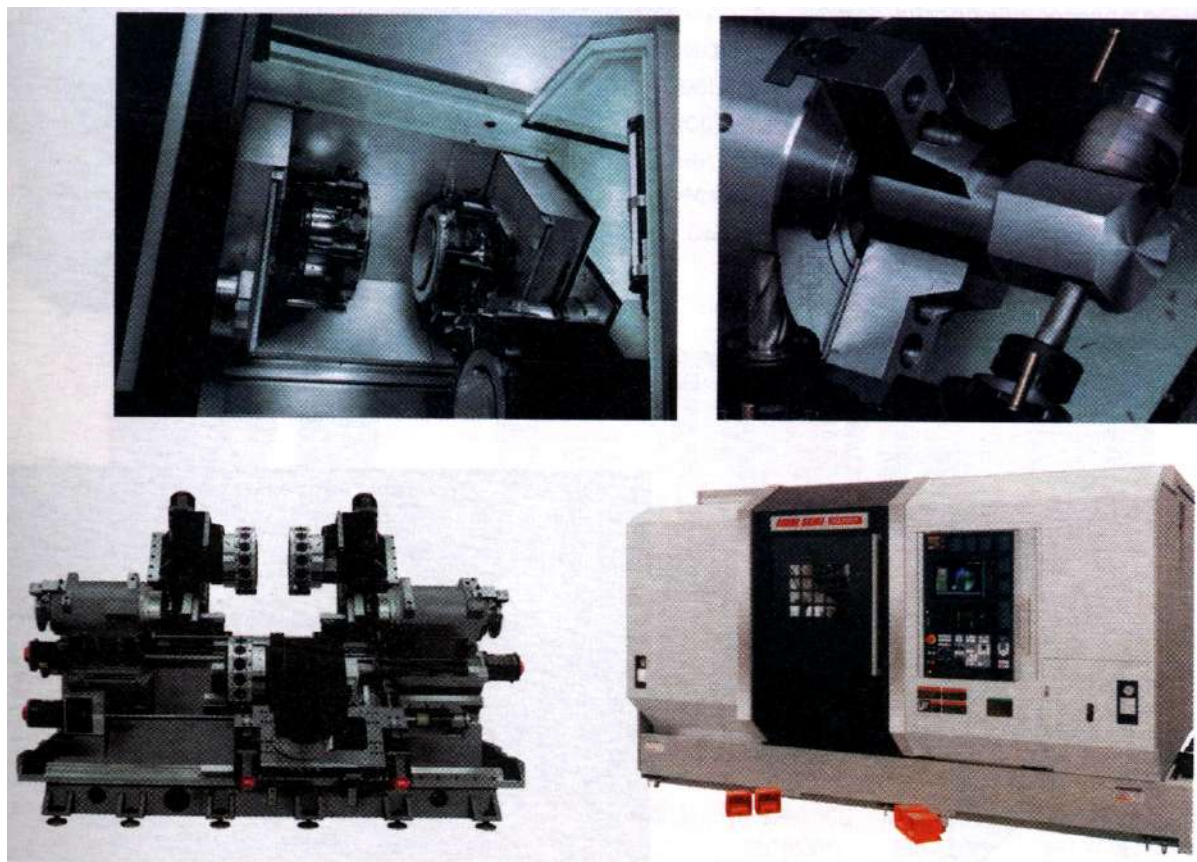


Рис. 2.3. Токарні двокоординатні верстати серії *NL*

У високопродуктивних прецизійних токарних верстатах серії NL (рис. 2.4) реалізовані всі останні розробки, включно технології Built-in-Motor at the Center of Gravity.

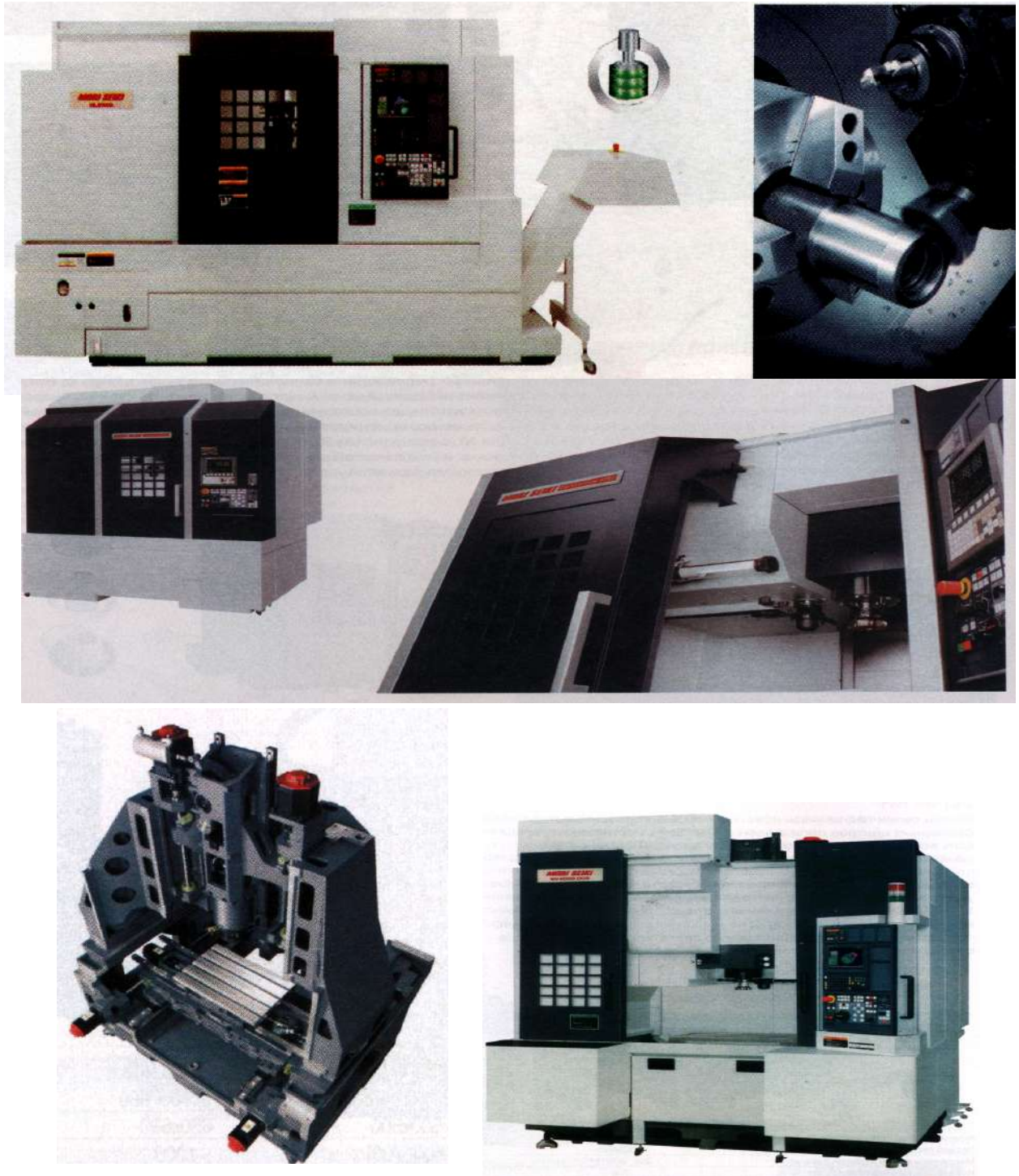


Рис. 2.4. Фрезерні вертикальні верстати серії NZ

Верстати мають високу жорсткість, що досягається за рахунок збільшеної площі спрямованих. Це дозволяє знімати великий припуск і при цьому отримувати кінцевий розмір за один прохід. Серія верстатів NZ (рис. 2.5) призначена підняти продуктивність виробництва до масового і при цьому зберегти гнучкість. Це досягається за рахунок установки двох або трьох 16-позиційних револьверів з потужним привідним інструментом, конструкція якого заснована на технології Built-in-Motor™. При необхідності процес завантаження/розвантаження може бути автоматизованим і верстат може бути вбудований в автоматичну лінію.

Серія верстатів RL (рис. 2.5) призначена для високопродуктивної токарної обробки деталей типу фланець, диск, втулка, штуцер великими партіями. Верстати мають два інструментальних револьвера і два паралельних шпинделя, що розташовані горизонтально, в яких незалежно і одночасно оброблюють деталі.

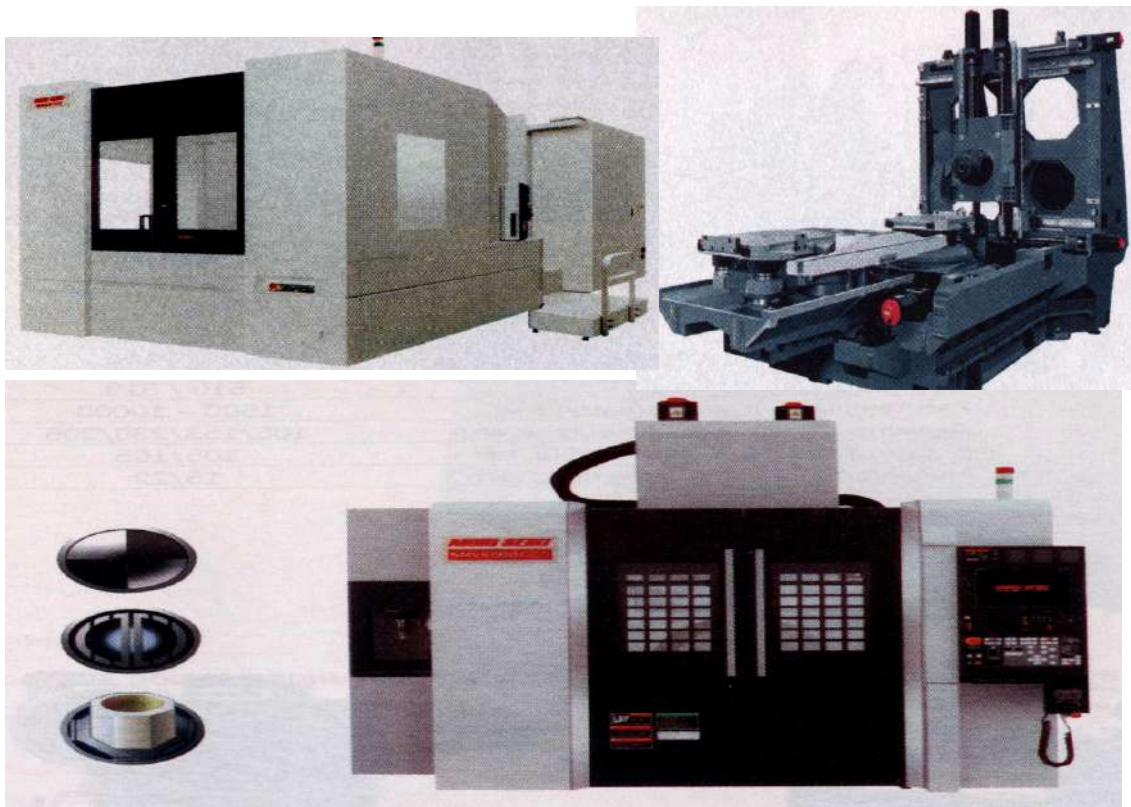


Рис. 2.5. Фрезерні вертикальні верстати серії *RL*

Багатовісьові токарно-фрезерувальні оброблюючі центри серії NT є втіленням усіх останніх досягнень компанії MORI SEIKI в галузі проектування і виробництва обладнання для металообробки. Оброблюючі центри поєднують в собі високу жорсткість і точність верстатів серії NL, широкі технологічні можливості та функціональність повноцінного фрезерного верстата.

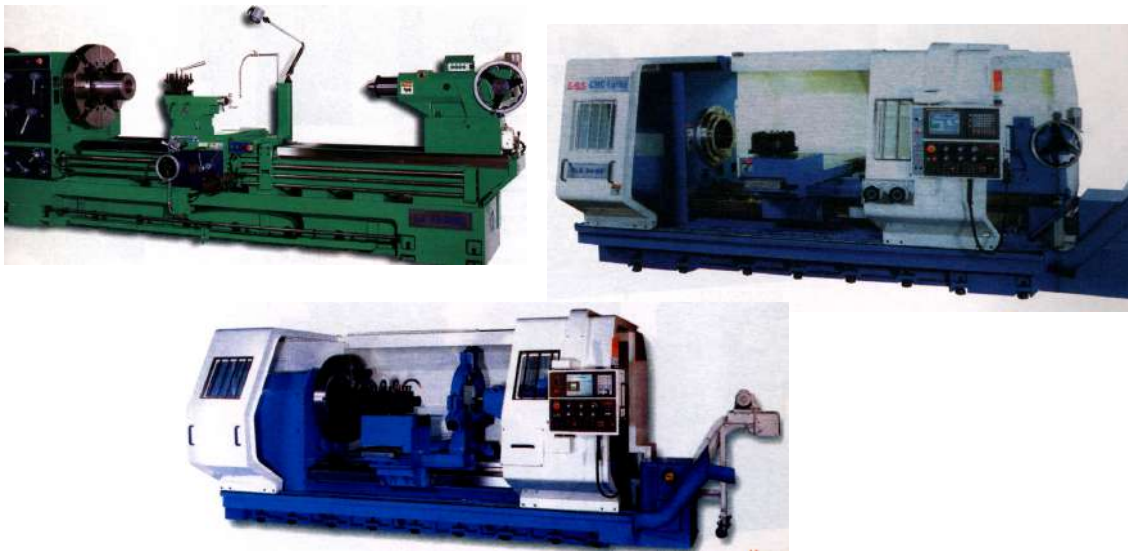


Рис. 2.6. Горизонтальні токарно-револьверні верстати компанії You Ji серії NT

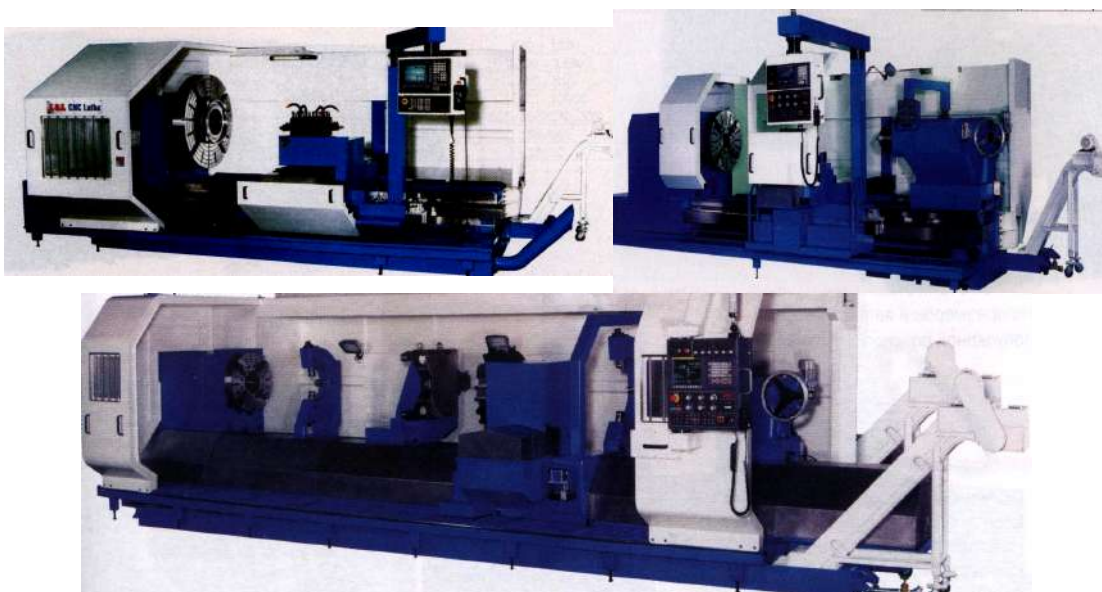


Рис. 2.7. Горизонтальні токарно-револьверні верстати компанії You Ji серії NL

Вперше використана вертикальна станина, що дозволяє забезпечити рух фрезерної головки у раніше недоступних напрямках по вісі X,Y, яка суттєво розширює можливості фрезерної обробки на даних машинах. В приводах реалізована технологія Drive at the Center of Gravity і компоновка рухомих елементів Box-in-Box, що забезпечує неперевершену жорсткість, точність верстата, швидкість і чистоту обробки.

Серія Dura Vertical, NV, NVD, NH вертикально-фрезерних верстатів з ЧПУ (рис. 2.7—2.8) призначена для рішення більшості фрезерних задач загального машинобудування.

Компанія L@L є провідним виробником тяжких горизонтальних токарних верстатів серій LA Series, TLA, LD Series, LFS Series, LFM Series, LL Series (рис. 2.3—2.6).

Тайваньська компанія You Ji Machine Industrial Co.ltd є виробником вертикальних токарних верстатів серій VTL (рис 2.7—2.9). Особливості моделей YV200-YV800 — використання традиційного супорта, шпиндель з розведеними опорами, спрямовані кочення по вісях, шість видів інструментальної системи — револьверні головки різних типів або магазин.

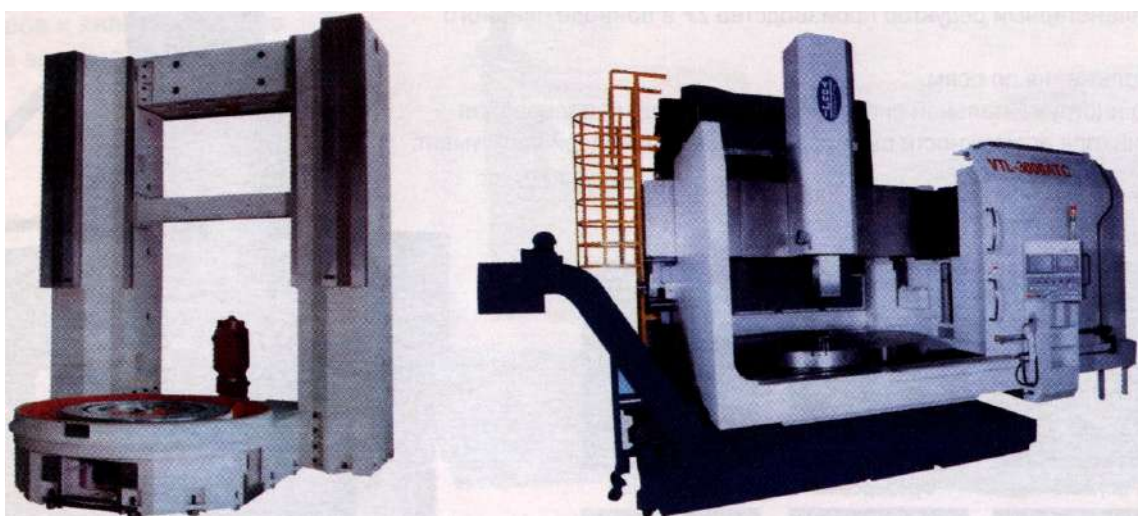


Рис. 2.8. Фрезерні вертикальні верстати серії LA Series, TLA, LD Series, LFS Series, LFM Series, LL Series

Особливості моделей YV1000-YV1600 (рис. 2.9) — компонувальна схема з траверсою і повзуном; в опорі шпинделя (планшайбі) один підшипник з пересічними роликами виробництва TIMKEN; двоступеневий планетарний редуктор виробництва ZF в приводі плавного руху; спрямовані ковзання по вісях; три вида інструментальної системи — п'ятимісна револьверна головка або магазин, інструмент.

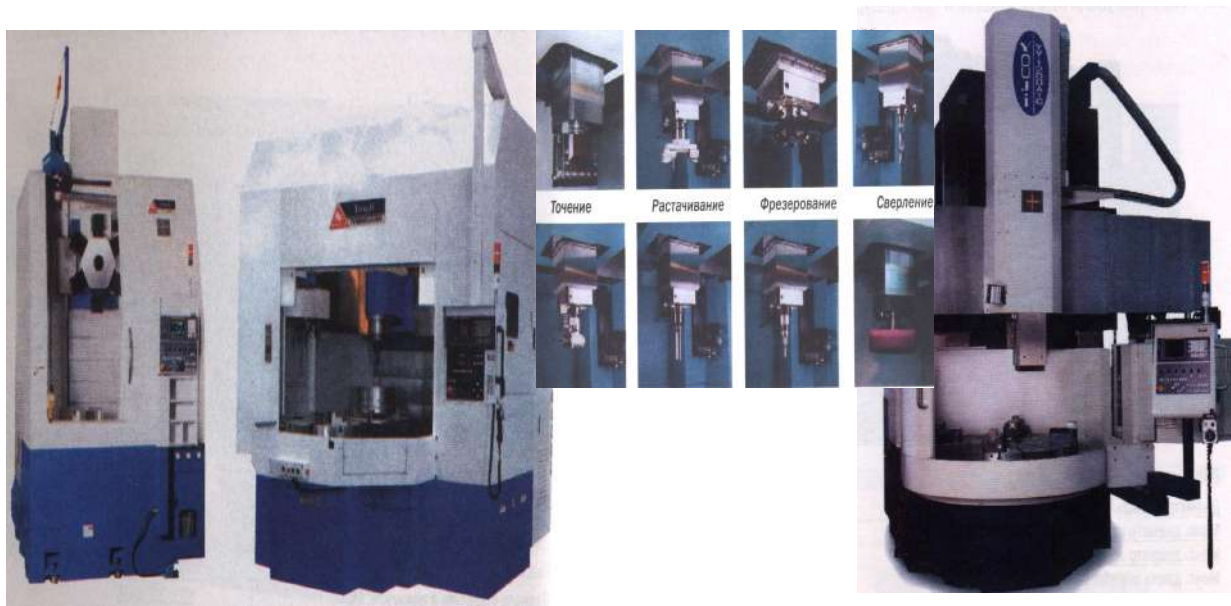


Рис. 2.9. Фрезерні вертикальні верстати серії YV1000-YV1600

Горизонтальні токарно-револьверні верстати компанії You Ji представлені широкою лінійкою типорозмірів і відрізняються високими показниками точності і шорккістю при оптимальному наборі технологічних можливостей.

Основними особливостями моделей YH-15, YH-20, YH-21, YH-28, YH-36, YH-50 є:

- традиційна компоновка з литою (Meehanite), цільною, станиною;
- використання спрямованих ковзання за усіма вісями, що дозволяє зберігати високу точність при достатньо жорстких режимах обробки;
- модифікації з подовжиною станиною.



Рис. 2.10. Фрезерні вертикальні верстати серії YH

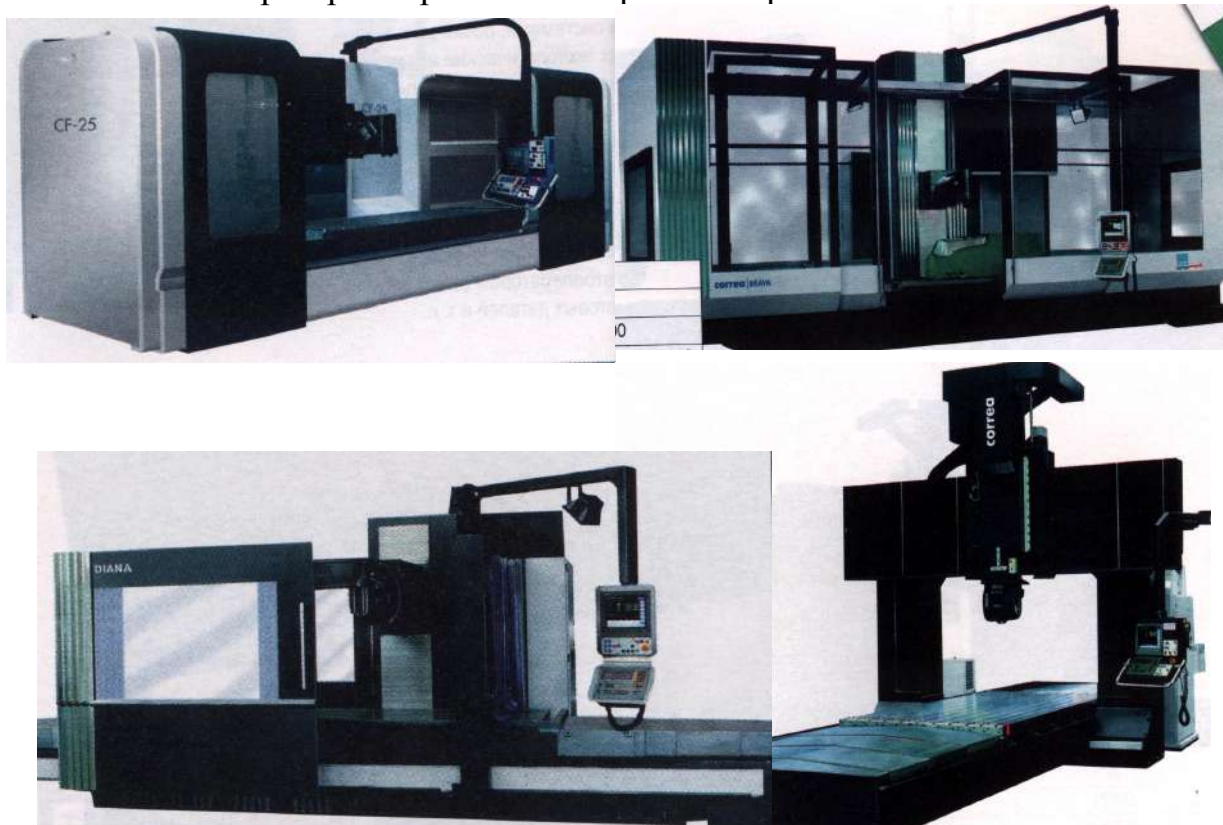


Рис. 2.11. Модельний ряд фрезерних верстатів фірми CORREA

Фрезерні верстати фірми CORREA мають різні компоновальні схеми і визначаються наступним:

- нерухома колона, рухомий стіл і повзун, загальна станина (bed-type);
- рухлива в продольному напрямі колона, рухомий повзун;
- портального типу, нерухомий портал, рухливий стіл (bridge type);
- портального типу, рухомий портал, нерухливий стіл (bridge type);

портального типу з рухливою траверсою (gantry).

Модельний ряд фрезерних верстатів фірми CORREA DIANA (bed-type), CF-25, BRAVA (bed-type), FP-30-35-40 (bridge type), FRM (bridge type), RAPID (bridge type), PANTERA (gantry), SUPRA (floor-type), AXIA (floor-type), ANAYAK, PERFORMER (bed-type), PERFORMER MG (bed-type), VH-PLUS (bed-type), HVM-P (traveling column), HVM-DUPLEX (traveling column) представлені на рис. 2.12—2.16.

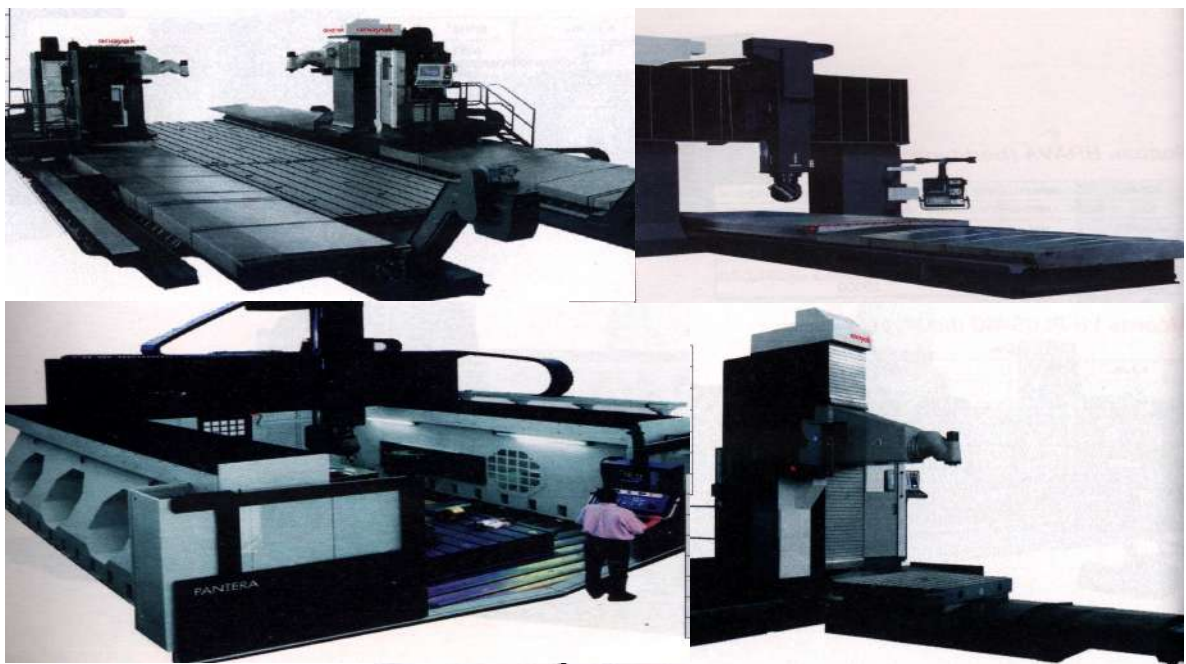


Рис. 2.12. Модельний ряд фрезерних верстатів фірми CORREA DIANA (bed-type), CF-25, BRAVA (bed-type), FP-30-35-40 (bridge type), FRM (bridge type).

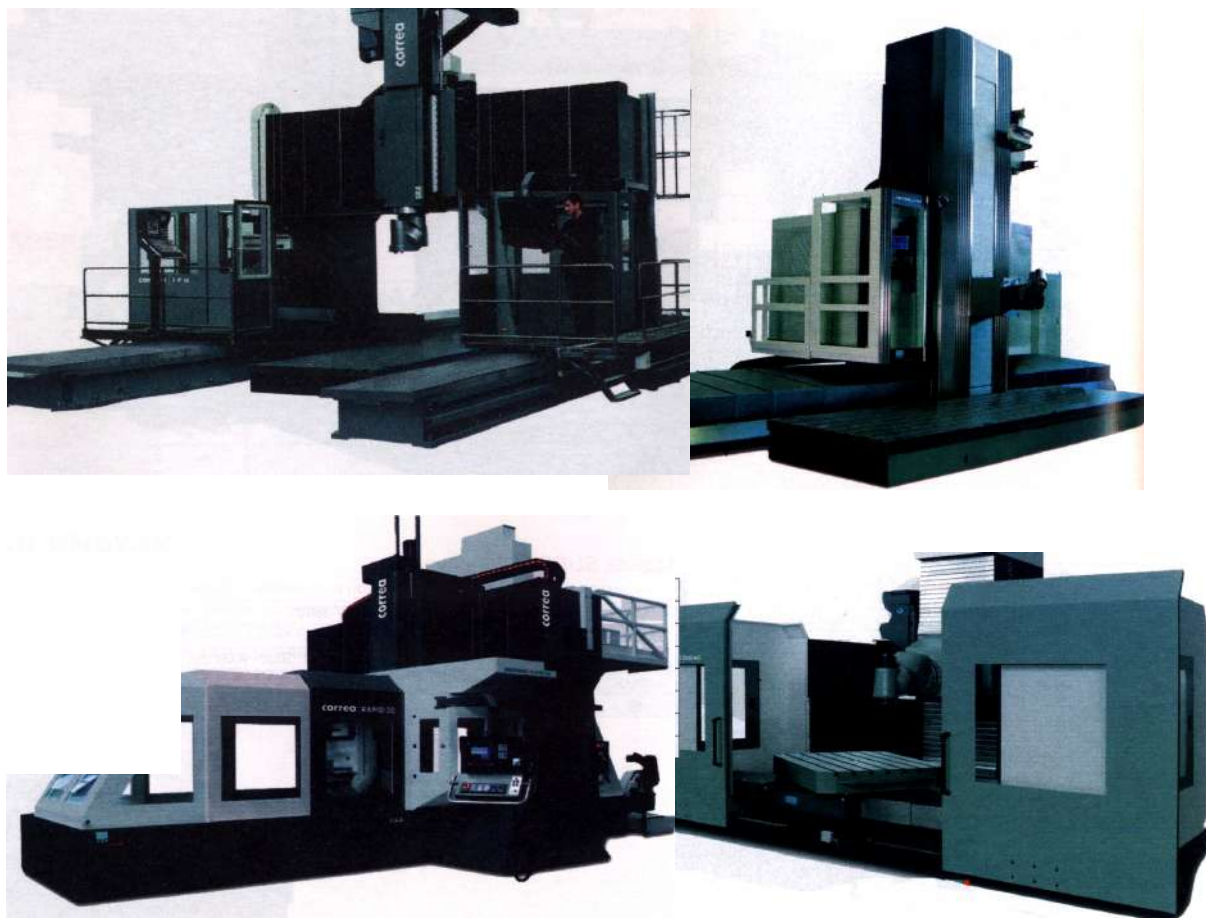


Рис. 2.13. Модельний ряд фрезерних верстатів фірми CORREA PANTERA(gantry). SUPRA(floor-type),AXIA(floor-type)



Рис. 2.14. Модельний ряд фрезерних верстатів фірми CORREA ANAYAK, PERFORMER (bed-type)



Рис. 2.15. Модельний ряд фрезерних верстатів фірми CORREA PERFORMER MG (bed-type), VH-PLUS (bed-type), HVM-P (traveling column)

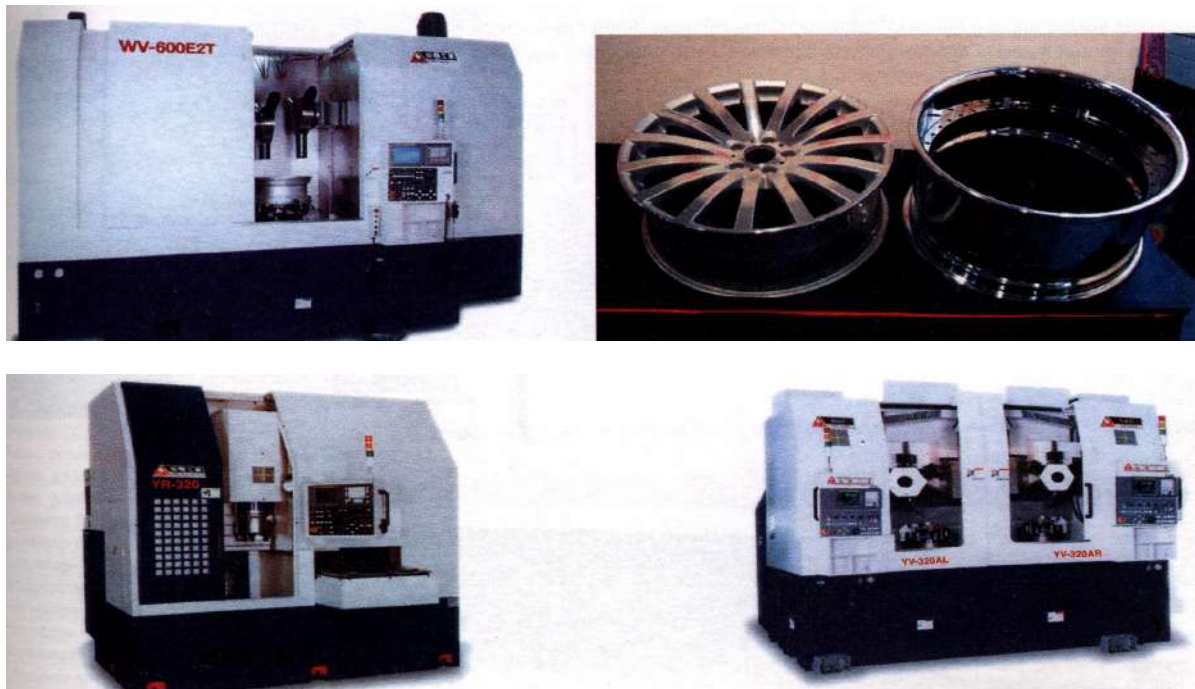


Рис. 2.16. Модельний ряд фрезерних верстатів фірми CORREA HVM-DUPLEX (traveling column)

2.2. Різьбонакатне обладнання

Накатка різьби — один з найбільш розповсюджених методів, що використовується в сучасному машинобудуванні. Низька вартість виготовлення накатної поверхні при високій її механічній і втомленій міцності відрізняє накатку від інших методів виготовлення різьб і профілів.

Гідравлічні різьбонакатні верстати Італійської фірми ORT серії RP, 2RP, 3RP, SM, UL-T1/T, RTM, SCR оснащені двома роликотими шпинделями з одною рухомою шпиндельною бабкою. Шпинделі, в залежності від моделі верстата створюють робочий тиск на роликоту від 10-125 тон і сконструйовані для швидкого і точного врізання і нарізання усіх типів різьб і профілів (рис. 2.17).



Рис. 2.17. Різьбонакатні верстати Італійської фірми ORT серії RP, 2RP, 3RP, SM, UL-T1/T, RTM, SCR

2.3. Шліфувальне обладнання

Шліфувальні верстати поділяють на типи: безцентрові, круглошліфувальні, внутрішньошліфувальні.



Рис. 2.18. Шліфувальні верстати PARAGON серії RC-12/18/1810/1812/20

Безцентрові універсальні шліфувальні верстати фірми PARAGON серії RC-12/18/1810/1812/20.

Круглошліфувальні універсальні верстати серії GU-3250/3275/32100(SP) без ЧПУ серій GU-3250CNC/32100 CNC і GA-3515 CNC/3535 CNC (рис. 2.18) мають особливості: можливість обробки довгих заготовок до 1000 мм; використання різних видів шліфування (врізне, повздошне, кутове, внутрішнє, шліфування буртика). Внутрішньошліфувальні верстати серії RIG-150/150 CNC мають великий діапазон обробки від 6-150 мм, висока стійкість і низька вібрація робочого стола, повний автоматичний цикл обробки.

2.4. Напівавтоматичні верстати без каретки для обробки труб, профілю, дроту

Напівавтоматичні трубозгинальні верстати компанії CSM призначені для якісного згинання труб. Кути згинання задаються за ЧПУ — програмою. Верстати серії TNCSB оптимально підходять для згинання квадратних, круглих, прямокутих труб (рис. 2.19).

Напівавтоматичні трубозгинальні верстати серії TNCPB з кареткою характеризується більш продуктивною і точною системою подачі, повороту і згинання труби.

Автоматичні верстати з гідравлічним приводом серії TSR(TDR) (рис. 2.19) являють собою універсальні верстати з ЧПУ управлінням, які забезпечують високу продуктивність, точність і повторюваність виробів. У порівнянні з верстатами серії F верстати CNC-F (рис. 2.19) є автоматичними, де труба встановлюється в верстат, центральний притискувач стискує трубу, а згинаючі консолі переміщуються на задану відстань і проводять перше згинання. Після переміщення консолі на іншу позицію, здійснюється друге згинання.



Рис. 2.19. Трубозгинальні верстати

Така автоматизація дозволяє виготовляти складні вироби з безліччю згибів. Модель CNC-F38H-5A має додатковий сервопривід на вісьове обертання центрального затискувача, що дає змогу обертати трубу для виробництва виробів зі складною конфігурацією.

Профілезгинальні верстати фірми Tauringroup серії DF (рис. 2.18) є найбільш поширеними верстатами для згинання труб, швелерів, кутів, одно — і двотаврових балок і профілю з другим перетином.

Верстати мають три електропривідних валка, що дозволяє використовувати оснастку з гладкими поверхнями і добиватися якісного згинання будь якого матеріалу без травмування поверхні виробу. Верхній валок, що переміщується вертикально, задає радіус згинання завдяки гідравлічному приводу.

Профілезгинальні верстати фірми Tauringroup серії ALFA (рис. 2.18) конструктивно відрізняється від класичних трьохвалкових верстатів, тому що вертикально переміщуються тут нижні валки з гідравлічними приводами і задають необхідний радіус згинання.

Верстати оснащуються вузлами коректування профілю від ефекту «гвинтової закрутки» додатковим приладом підтримки профілю від деформації перетину, а гідравлічний привід обертання валків враховує різницю швидкості обертання верхнього і нижніх валків.



Рис. 2.20. Верстати для згинання профілю.

2.5. Верстати з ЧПУ для виробництва пружин стиснення

Верстати серії CSC, RFM, HCM, ATM (рис. 2.20, 2.21) з ЧПУ для виробництва пружин стиснення Тайванської компанії HERDON Machinery є ідеальним рішенням для виробництва пружин стиснення різних конфігурацій з перемінним/постійним кроком, а також різних форм: циліндричної, конічної, бочкоподібної.

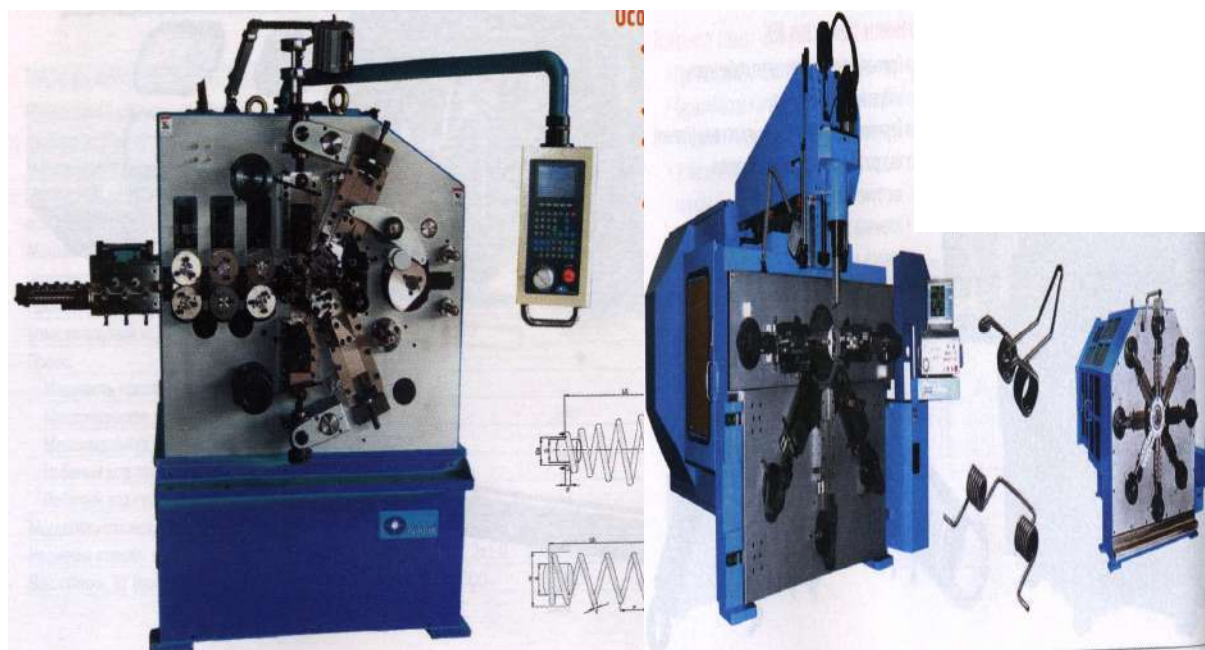
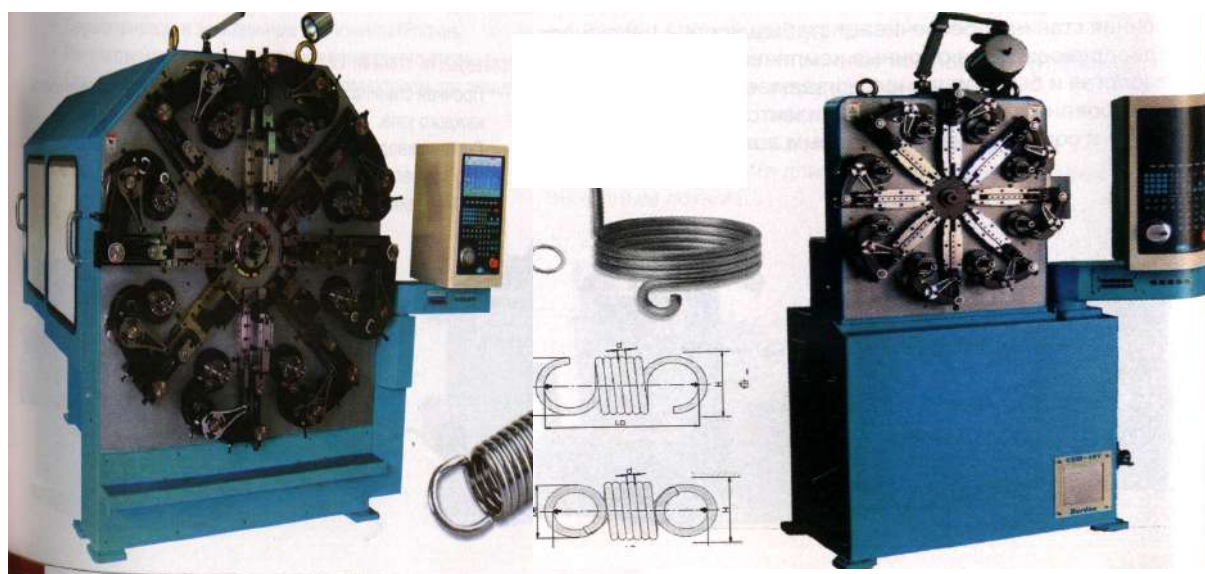


Рис. 2.21. Верстати серії CSC, RFM, HCM, для виробництва пружин стиснення



Рис. 2.22. Верстати серії АТМ з ЧПУ для виробництва пружин стиснення

2.6. Профільна прокатка

2.6.1. Устаткування для прокатки сортів і листового металу

Основні елементи прокатного стану

Прокатний стан складається із трьох основних частин: робочої машини, передавального механізму й двигуна (рис. 2.23).

До складу робочої машини входять одна або кілька робочих клітей. У свою чергу, кожна робоча кліть складається із прокатних валків 2, що обертаються в підшипниках, розташованих на двох вертикальних стійках станини 1. Зміна відстані між валками здійснюється за допомогою натискного механізму.

Звичайно у великих станів також є механізм, що врівноважує, та служить для підтримки й підйому верхнього валка й притиснення подушки до торця натискного гвинта [6].

Прокатний стан приводиться в рух від електродвигуна 11. Для передачі обертань від вала двигуна до робочих валків 2 стану застосовується шестеренна передача 6, що утворює так звану шестеренну кліть 5. Між шестеренною кліттю й електродвигуном перебуває редуктор 9, що складається в більшості випадків із двох циліндричних шестерень 8 і слугує для зниження числа обертів робочих валків.

З'єднання шийок зубчастих коліс із валками двигуна й стану здійснюється за допомогою муфт 3, 7, 10 і сполучних шпинделів 4 із тріфковим перетином; у потужних станах з'єднання здійснюється універсальними шпинделями із шарніром Гука.

Сучасні прокатні стани оснащені допоміжними механізмами, за допомогою яких досягається повна механізація процесу прокатки.

Прокатні стани можна класифікувати за наступними основними ознаками: 1) за призначенням — за родом випускної продукції або сортаменту; 2) за розташуванням, кількості й характеру обертання валків у робочій клітці; 3) за розташуванням робочих клітей у загальній схемі стану.

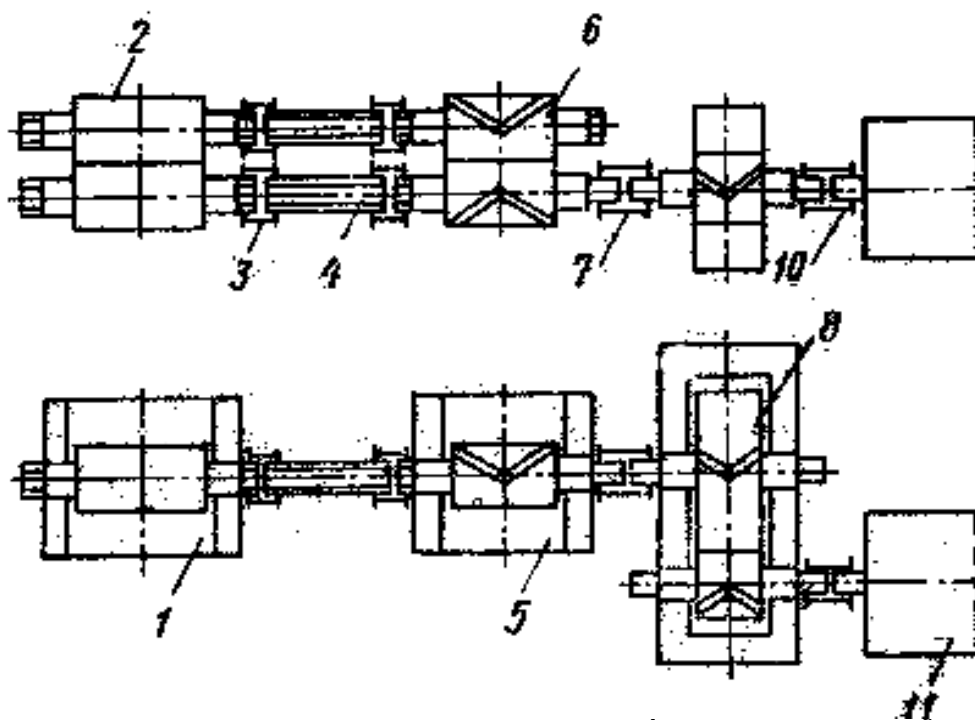


Рис. 2.23. Схема двовалкового прокатного стану



Рис. 2.24. Схема розташування валків у багатовалкових станах



Рис. 2.25. Масове виробництво на багатовалкових станах



Рис. 2.26. Варіанти розташування валків у багатовалкових станах

1. Залежно від виду продукції, що випускається, розрізняють: обтискні стани (блюмінги, слябінги), заготовочні, рейкобалкові, сортові (крупносортні, середньо- і дрібносортні), дротові (для виготовлення катанки), листопрокатні (для товстих, середніх і тонких листів), трубопрокатні, колесо- і бандажепрокатні й стани для спеціальних видів прокату. Розмір блюмінгів, заготовочних, рейкобалкових і сортових станів, характеризується діаметром валків; розмір слябінгів і листових станів характеризується довжиною гладкої робочої частини валків, а розмір трубопрокатних станів характеризується зовнішнім діаметром труб, що прокатують.

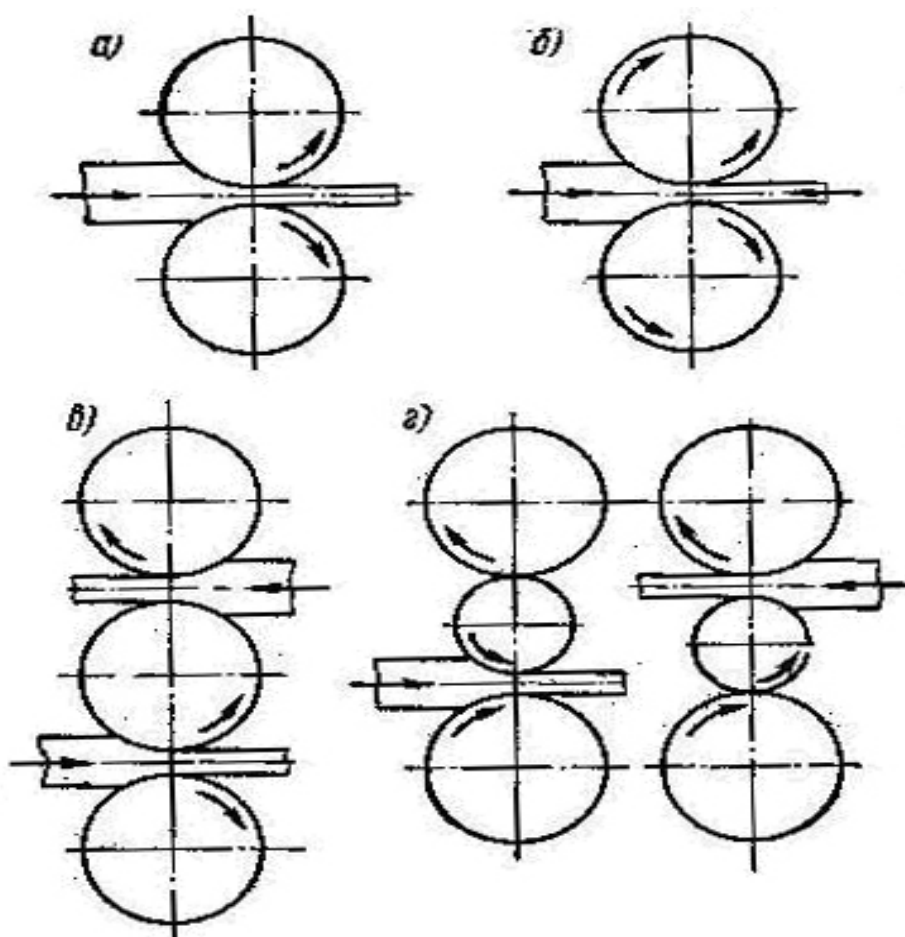


Рис. 2.27. Схема розташування валків у двовалковому та тривалковому станах

2. За розташуванням валків у робочій кліті розрізняють стани: з горизонтальними валками і з вертикальними валками, з горизонтальними і з вертикальними валками і з криво розташованими валками. Залежно від кількості валків у робочій кліті станів і характеру їх обертання вони розділяються на декілька типів.

Двовалкові стани (дуо-стани) мають в кожній кліті по два валки (рис. 2.27). Залежно від характеру обертання валків вони можуть бути нереверсивні (2.27, а) — з обертанням валків в одному напрямі — і реверсивні (2.27, б) — із зміною напрямку обертання для здійснення прокатки в обидві сторони. Реверсивні дво валкові стани застосовуються для прокатки великих профілів і товстих листів, які виготовляються на блюмінгах, слябінгах, рейкобалочних, товстолистових і інших станах. Нереверсивні дуо-стани застосовуються для безперервної прокатки заготовок і сортового металу, тонких листів і стрічки, а також для прокатки труб [6].

Тривалкові стани (тріо-стани) мають в кожній робочій кліті по три валки (рис. 2.28, г) з постійним напрямом обертання. Заготовки, що прокатується в один бік, проходить між середнім і нижнім валком, а в зворотню сторону — між верхнім і середнім. Для підйому заготовки у верхню пару валків на станах є особливі пристрої — підйомні столи. Ці стани служать для прокатки середньо- і дрібносортового металу.

Стани з неприводним середнім валком що переміщається, застосовуються для прокатки товстих листів. Багатовалкові стани, до яких відносяться чотиривалкові (кварто-стани), шестивалкові (сексто-стани — б) дванадцяти валкові (б) і двадцативалкові (г), мають два працюючих валка, а інші є підтримуючими — опорними, обертаються від тертя. В чотирьох- і шестивалкових станах приводними є лише робочі валки, в інших багатовалкових станах приводними є опорні валки. Такі конструкції дозволяють

застосовувати робочі валки малого діаметру, завдяки чому збільшується витяжка і знижується тиск металу на валках.

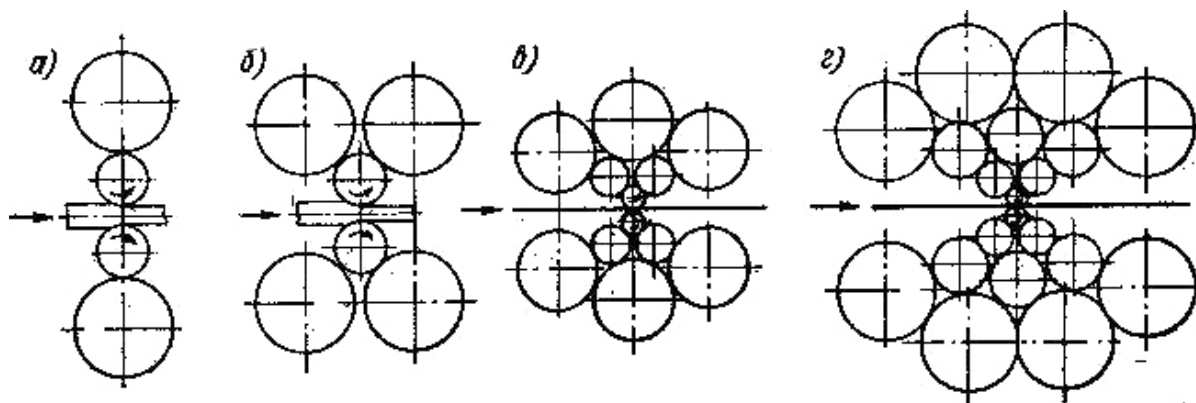


Рис. 2.28. Схема розташування валків у багатовалкових станах

Чотирьохвалкові стани використовуються для гарячої і холодної прокатки листів, широких смуг і стрічок, всі ж останні — виключно для холодної прокатки тонких листів і стрічок.

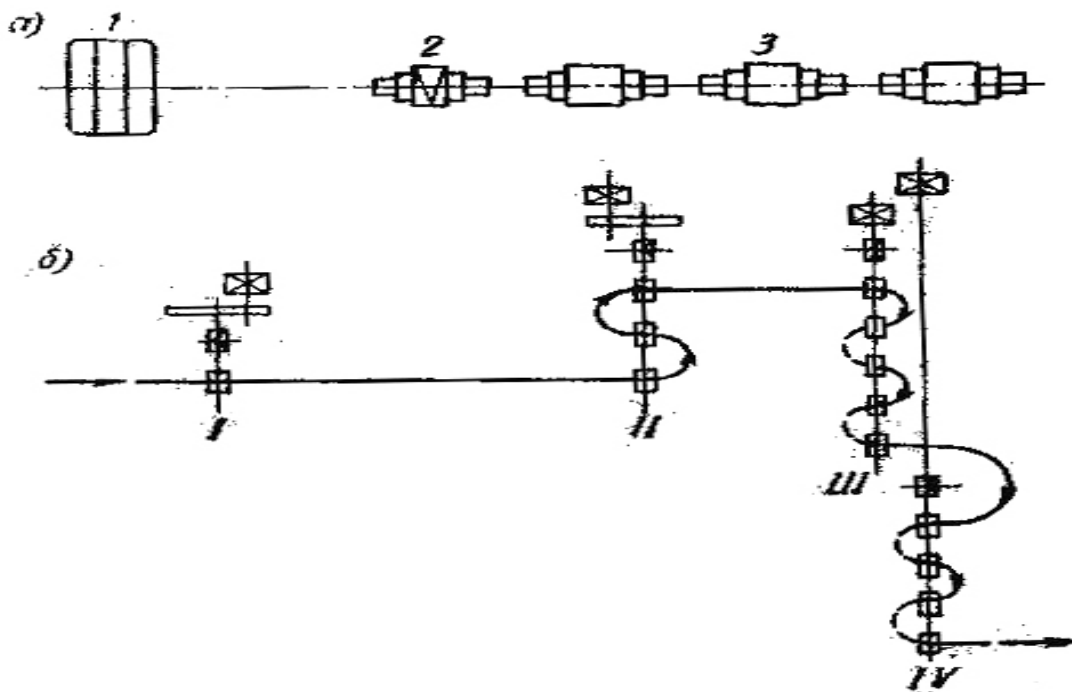
Окрім зазначених станів застосовуються універсальні стани, в яких, окрім горизонтальних валків, є також і вертикальні розташовані з одного або з обох боків горизонтальних валків. Додаткові вертикальні валки чинять бічний тиск, забезпечують здобуття прямокутного профілю з рівними і чистими кромками.

Змінюючи відстань між валками, можна отримати на стані будь-який прямокутний профіль, унаслідок чого вказані стани і отримали назву універсальних. Ці стани застосовуються для прокатки листової заготовки — слябів і широких довгих смуг (шириною більше 200 мм), а також для прокатки широкополичних двотаврових балок висотою від 300 до 1200 мм.

3. Зазвичай стани складаються з декількох робочих клітей, які, залежно від виконуваної в них роботи, розділяються на обтискові, чорнові і чистові. В разі прокатки з невеликих блюнів обтискові кліті в станах відсутні.

Чорнові і чистові кліті в стільникових станах основну роботу виробляють при прокатуванні профілю (смуги), а чистову — вже після додання йому остаточної форми.

Залежно від розмірів і форми профілю (смуги) чорнові чистові кліті розташовуються в тому або іншому порядку, який можна, звести до декількох груп станів: періодичні, безперервні, напівбезперервні і тандем-стани (для листового прокату).



1 — мотор; 2 — шестерінчаста кліть; 3 — робочі кліті. I — чорнова лінія з $D = 550$ мм і $n = 120$; II — чорнова лінія $D = 350$ мм і $n = 160$; III — перша чистова лінія $D = 250$ мм і $n = 550$; IV — друга чистова лінія з $D = 250$ мм і $n = 600$

Рис. 2.29. Схеми станів з розташуванням робочих клітей в одну і в чотири лінії

Періодичні стани. У періодичних станах кліті розташовані в одну (рис. 2.29, а) або декілька ліній; у кожній, лінії усі валки зв'язані сполучними шпинделями і обертаються з однією швидкістю. Заготовки періодично пропускається в одну кліть, потім в іншу і т. д. Подібне розташування клітей представляє велику незручність, тому що чорнові кліті, що виконують підготовче об-

тискання товстих і коротких заготовок, вимагають меншої швидкості обертання, ніж чистові кліті що додають тонкій і витягнутій в довжину заготівлі остаточний профіль. Тому, в сучасних станах робочі кліті розташовуються в декілька ліній. Наприклад, у великосортних станах робочі кліті розташовуються, зазвичай, в дві, три або, чотири лінії (рис. 2.29, б).

Чорнова кліть при такому розташуванні виділена в окрему лінію. Кожна лінія має самостійний привід з числом обертів валків, відповідних заготовки.

Безперервні стани. Безперервний стан складається з декількох дуо-клітей, розташованих послідовно одна за одною, в яких метал під час прокатки йде в одному напрямі і деформується одночасно в двох або декількох клітях (рис. 2.30, а).

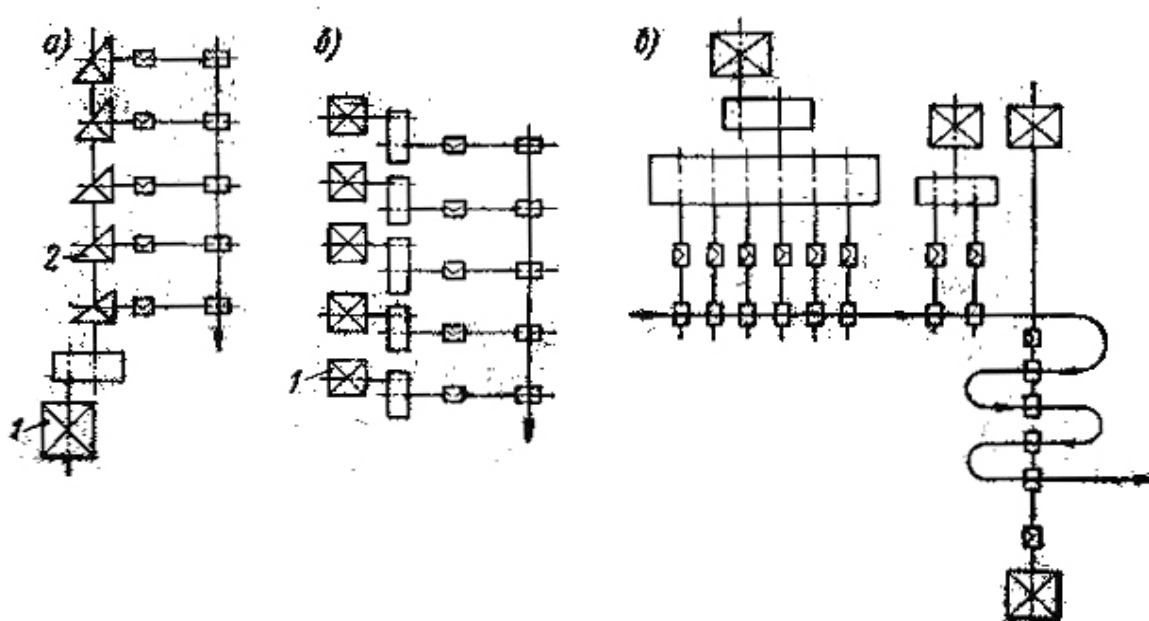


Рис. 2.30. Схеми безперервних і напівбезперервних станів

Число робочих клітей відповідає необхідному числу приходів металу між валками. Безперервні стани виконуються з груповим (рис. 2.30, а) або індивідуальним приводом (рис. 2.30, б). У першому випадку всі робочі кліті отримують своє обертання від загального електродвигуна I за допомогою конічних зубчастих

передач 2 (рис. 2.30, а). У іншому випадку кожна кліть має свій окремий двигун (рис. 2.30, б). Число обертів валків зростає від однієї кліті до іншої відповідно до збільшення довжини смуги, у міру її проходження у валках, послідовно розташованих клітей [6].

Для забезпечення нормальної прокатки у вказаних станах діаметр валків і число їх обертів підбираються так, щоб у всіх клітях дотримувалося співвідношення

$$F_n v_n = \text{const} \quad (2.1)$$

де F_n — площа поперечного перетину заготовки при виході з даної кліті;

v_n — швидкість виходу заготовки з тієї ж кліті. При недотриманні вказаного співвідношення метал між клітями розриватиметься або утворюватиме петлю. Безперервні стани дозволяють отримати найбільш високу продуктивність, оскільки в них одночасно працюють усі кліті, в той час як в періодичних станах працює лише одна кліть, а інші — вхолосту.

Напівбезперервні стани. У напівбезперервному стані чорнові кліті розташовані безперервно, а чистові кліті — в лінію або в іншому порядку. Є декілька різновидів напівбезперервних станів: петлеві, зигзагоподібні і шахові стани. Напівбезперервне розташування клітей полегшує налаштування стану, спрощує спостереження за роботою чистових клітей і скорочує довжину цеху, необхідну для розміщення стану. Ці стани застосовуються для прокатування дрібного сортового металу і дроту.

Будова станів

Обтискові стани. Обтискові стани призначені для обтиску сталевих злитків у велику заготовку. Основними типами обтискних станів є блюмінги і слябінги.

Блюмінгом є крупний обтискний стан, призначений для прокату зі злитків вагою від 2,5 до 20 т заготовок-блюмів, які вико-

ристовуються як вихідний матеріал для сортових станів або як заготовки під кування і штампування.

Блюмінги можуть бути одно- і двоклітьовими дуореверсивного вигляду. Діаметр валків в блюмінгів 800—1400 мм, довжина бочки 2000 — 2800 мм, число обертів валків 40—140 за хвилину, потужність електродвигуна 5000—5500 квт.

Останніми роками все більшого поширення набувають блюмінги з індивідуальним приводом кожного валка від окремого електродвигуна потужністю близько 3500 квт, завдяки чому виключається шестерінчаста кліть і спрощується весь передавальний механізм, що складається з одних лише шпинделів і муфт. Швидкість прокатки (окружна швидкість валків) у блюмінга доходить до 7 м/сек; продуктивність його складає 2,0 — 2,5 млн. т. прокату на рік, або 300—350 т/ч.

Слябінг — великий обтискний стан прокатки із злитків вагою від 8 до 32 т і більш за заготівлі — слябів товщиною від 60 до 300 мм і шириною від 600 до 1800 мм. Слябінг складається з двох дуо-реверсивних клітей: одна з горизонтальними гладкими валками діаметром 1100 мм і довжиною бочки 2000 мм і інша з вертикальними гладкими валками діаметром 700 мм і довжиною бочки 1200 мм. Кліті розташовані в безпосередній близькості одна від одної. Наявність вертикальних валків дозволяє здійснювати обтискання бічних кромek злитків без їх кантівки. Швидкість прокатки на слябінгу доходить до 6 м/сек. Продуктивність слябінгу складає більше 2,0—2,5 млн, т на рік.

Пристрій станів для прокатки тонких листів і стрічок в холодному стані. Холодна прокатка листів, як зазначалося вище; здійснюється або листовим, або рулонним методом. Для першого способу прокату застосовуються реверсивні двовалкові та чотиривалкові (кватро) стани. Для другого — безперервні чотиривалкові стани, що складаються, зазвичай, з трьох послідовно розташованих клітей 2 (рис. 2.31). У цьому стані привідними

є робочі валки 3, а опорними — валки 4. Перед станом для подачі в нього стрічки встановлений розмотувач рулонів 1. Передній кінець смуги подається на стан за допомогою магніту.

Для змотування прокатої стрічки за станом встановлена моталка 5 барабанного типу. У стані є петлетримачі 6 і леткий мікрометр 7. Кожна кліть і моталки в безперервних станах мають свій окремий електропривід. Швидкість прокатки в кожній клітці доходить до 9 м/сек. Продуктивність стану 250—300 тис. т в рік, або до 60 т/ч.

В даний час працюють стани холодної прокатки, де швидкість прокатки доходить до 36 м/сек. Процес прокатки в них повністю автоматизований. Продуктивність станів доходить до 800—900 тис. т на рік. Є також стани, в яких прокатка здійснюється шляхом простягання стрічки між валками за допомогою потужних моталок. Робочі і опорні валки в них не мають приводу. Стани цього типу, зазвичай, реверсивні. Залежно від умов прокатки застосовуються валки з напівзагартованого і загартованого чавуну (для кольорових металів) і з легованої загартованої сталі (для блюмінгів, слябінгів і холодної прокатки) [6].

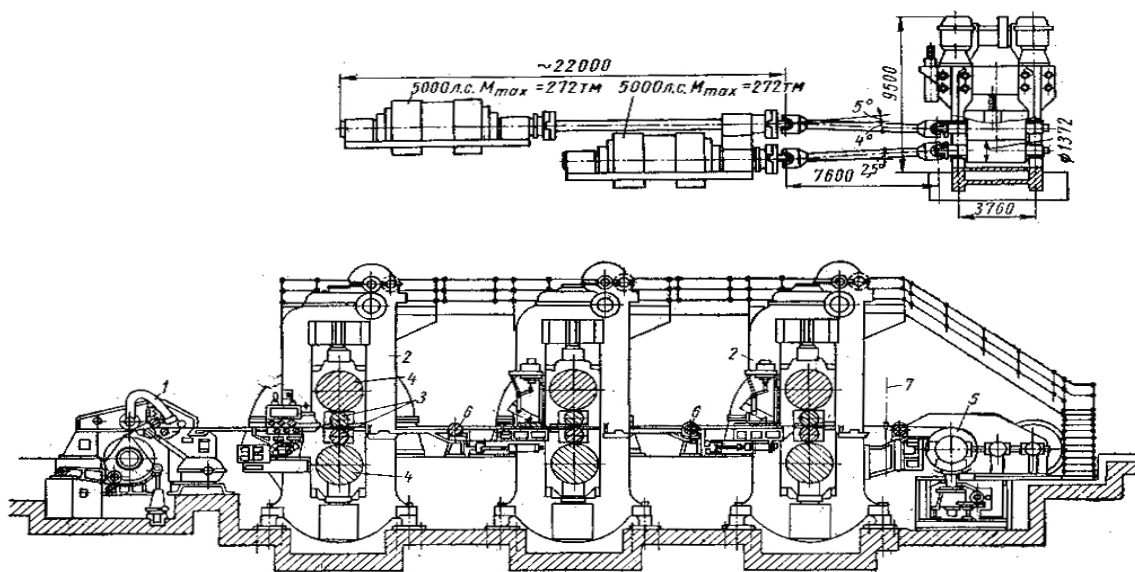


Рис. 2.31. Схема блюмінгу з приводом валків від окремих моторів та безперервний трикліттевий стан для холодної прокатки

2.6.2. Прокатка спеціальних профілів

Спеціальні профілі можуть бути отримані різноманітними способами. Так, при періодичній прокатці одержують вироби, поперечний переріз яких змінюється поза визначеним законом, і ця зміна звично періодично повторюється за довжиною смуг, яка прокатується. Періодичні профілі одержують подовжньою, поперечною та гвинтовою прокаткою.

При подовжній періодичній прокатці одержують профілі з однобічним періодом, з двостороннім, співпадаючим періодом, з незбіжними верхнім та нижнім періодами і т. ін.

Калібрування валків для одержання періодичного профілю істотно відрізняється від калібрування валків при прокатці звичайних профілів. При прокатці періодичних профілів остаточну форму надають за один прохід, причому в різних перетинах одного періоду витяжка безупинно змінюється, досягаючи в деяких випадках дво- та навіть триразової. Довжина періоду профілю визначається довжиною окружності валка. При кожному оберті валків з них повинен виходити відрізок смуги з цілим числом періодів, тому найбільша довжина періоду не може бути більше довжини окружності валків при даному діаметрі. Тому, чим більше період, тим більшим повинен бути і діаметр валків.

Однією з найбільш важких задач при подовжній прокатці періодичних профілів є одержання постійної довжини періоду, тому, що починаючи від переднього кінця смуги до заднього, довжина періоду при прокатці може коливатися. В той же час допуск на довжину періоду, як правило, складає дуже невелику величину — приблизно 1 %. Довжина ж періоду залежить від випередження, величину якого визначити дуже важко через мінливість радіуса катаючих валків, зміну умов тертя між деформується смугою та валками, наявність окалини та інші фактори. Є й інші специфічні труднощі виробництва періодичних профілів, однак, через значні

вигоди, які одержуються при застосуванні періодичного прокату, необхідно удосконалювати та розвивати даний вид прокатного виробництва. На рис. 2.32 наведені деякі види періодичних профілів, які одержуються методом подовжньої прокатки. Для прокатки періодичних профілів проектують спеціальні стани або пристосовують звичайні стани подовжньої прокатки.

Поперечна прокатка періодичних профілів істотно відрізняється від подовжньої прокатки тим, що заготовка готовий профіль являє собою тіло обертання. Найбільш перспективним станом поперечної прокатки є трьохвалковий (рис. 2.32).

Прокатку на даному стані здійснюють дисковими або конічними валками, розташованими в робочій клітці стану під кутом 120° один до одного. Кожен валок може переміщуватися поперек своєї осі під дією індивідуального гідравлічного циліндра, причому це переміщення автоматично відбувається одночасно на однакову величину для всіх валків.

Регулювання переміщення валків для створення розчину заданої величини між ними залежить від пересувного супорта, на якому закріплена копіювальна лінійка.

Супорт обладнаний обертовим затиском, в якому закріплена заготовка, нагріта до температури, близько 1150°C . Після цього супорт пересувається під дією гідравлічного циліндра та створює необхідний натяг по осі руху заготовки. Разом з тим, зближують або розводять валки для одержання відповідного діаметра заготовки по її довжині.

На цих станах можна одержувати профілі різної конфігурації, причому перехід з одного профілю на інший здійснюється швидко.

Стани поперечної прокатки періодичних профілів класифікують за діаметром виробів, які випускаються, (від 10 до 120 мм). Відповідно до цього стани називають стан 10, стан 120 і т.і.

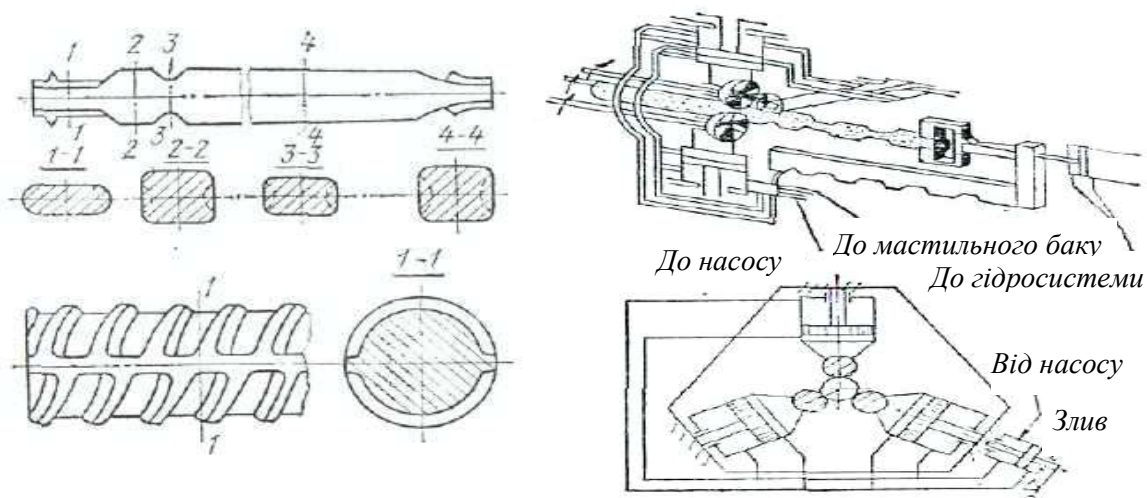


Рис. 2.32. Види періодичних профілів, одержаних подовжньою прокаткою та трьохвалковий стан для поперечної прокатки періодичних профілів

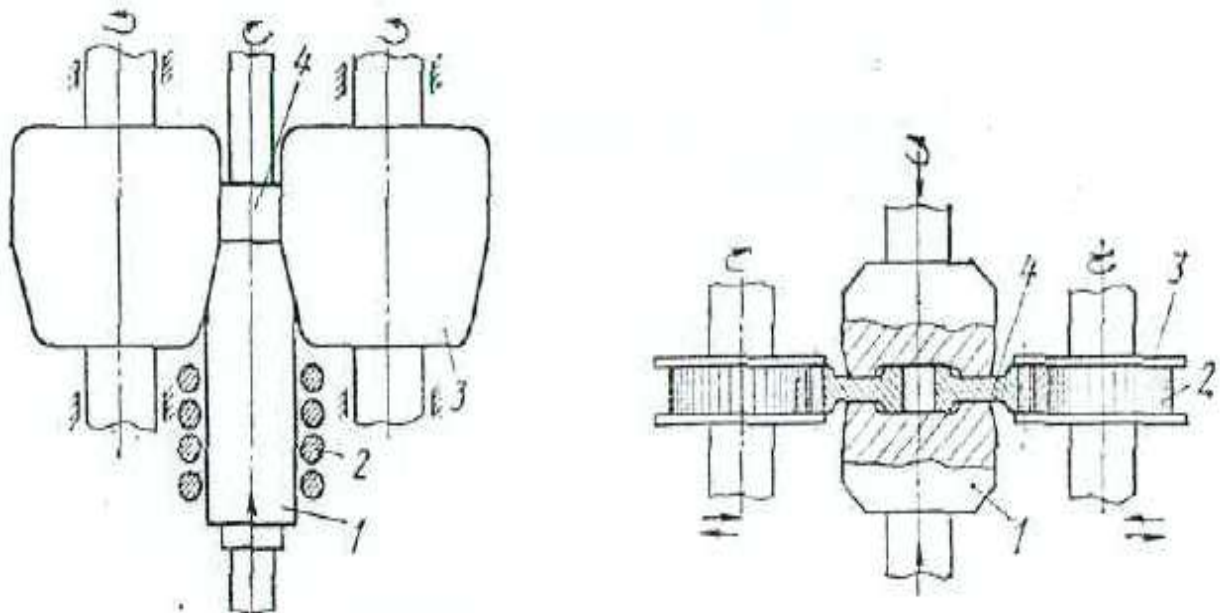
Попереочною прокаткою накатують зуби шестірень між двома валками, які обертаються при цьому можливі два способи обробки зубів: з осьовою подачею заготовки, яка обробляється (пруткова прокатка), та прокатка з радіальною подачею валків (штучна прокатка).

Утворення зубів при прокатці з осьовою подачею заготовки здійснюється переміщенням нагрітої в кільцевому індукторі заготовки між двома зубчастими валками які обертаються, модуль яких дорівнює модулю шестірни, яка прокатується (рис. 2.33). На початку прокатки заготовка приводиться в обертання ділильним зубчастим колесом, яке знаходиться в зачепленні з валками. Після виходу з зачеплення шестірня обертається валками.

Діаметр заготовок для прокатки шестірень, який встановлюється дослідним шляхом, близький до діаметра ділильної окружності. Пруткову прокатку шестерень застосовують для обробки прямозубих та косозубих шестерень з невеликими модулями (≤ 6 мм) і діаметром ≤ 200 мм.

При другому способі прокатки зубів – з радіальною подачею валків – нагріту до температури прокатки штамповану циліндри-

чну заготовку поміщають між двома зубчастими валками, які обертаються (рис. 2.33). Заготовці передається примусове обертання з визначеною швидкістю, яка відповідає передаточному числу між валками та шестернею, яка прокатується, а потім валки зближують. При цьому їх зуби поглиблюються в заготовку та утворюють впадину в шестерні, яка прокатується. Витіснений зубом валка метал тече в голівку зуба шестерні. Отримані на заготовці зуби, обкатуючись в зачепленні з зубами валків, одержують евольвентний профіль.



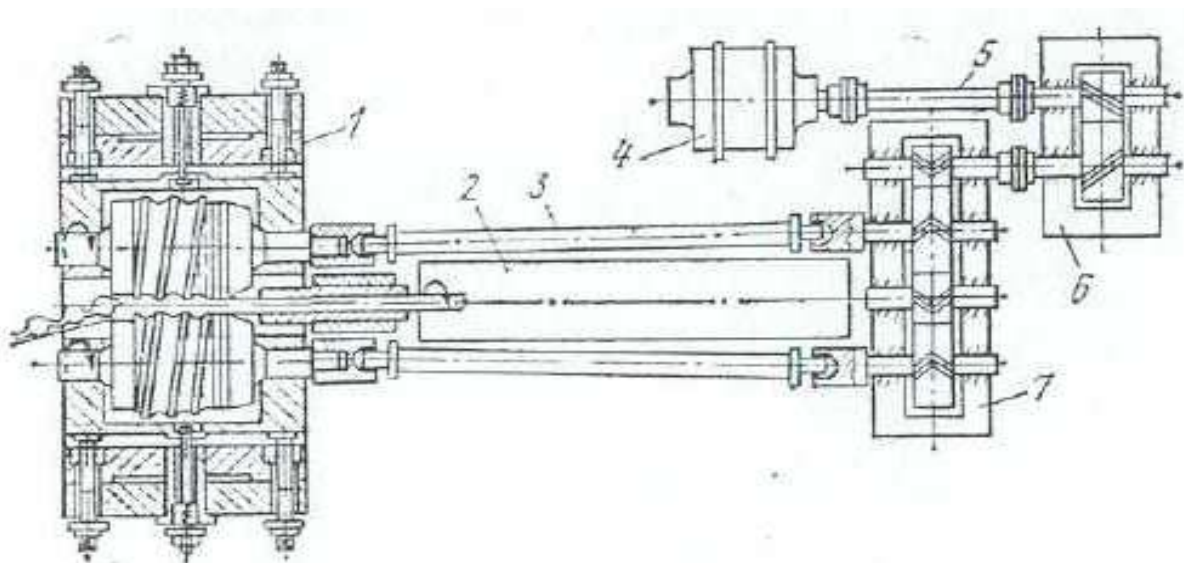
1 – заготовка; 2 – кільцевий індуктор; 3 – зубчасті валки; 4 – шестерня, яка прокатується, та з радіальною подачею валків: 1 – оправлення; 2 – зубчасті валки; 3 – обмежуючі диски; 4 – шестерня, яка прокатується

Рис. 2.33. Схема прокатки шестерні з осьовою подачею заготовки

Двовалкові стани гвинтової прокатки широко застосовують останнім часом для прокатки сталевих куль діаметром від 25 до 125 мм, тому що потреба в них щорічно зростає в різних галузях

промисловості. Загальний вид спеціального стану для прокатки куль наведений на рис. 2.34.

Він подібний до стану для прошивання круглої заготовки в гільзу при виробництві безшовних труб. Валки його, як і в прошивному стані, обертаються в одному напрямку, завдяки чому заготовка одержує обертальний рух. Для осьового переміщення заготівлі осі валків розташовують під невеликим кутом до осі прокатки. У валках стану нарізають гвинтові калібри. За характером деформації калібр валка можна поділити на формуючу ділянку, де здійснюється захоплення заготовки та її поступове обтиснення в кулю, і оздоблювальна ділянка, де надаються точні розміри кулі та відбувається її відділення від заготовки.



1 – робоча кліть; 2 – ввідний жолоб; 3 – універсальний шпиндель;
4 – електродвигун; 5 – головний шпиндель; 6 – редуктор; 7 – шестеренна кліть

Рис. 2.34. Стан для прокатки куль

Діаметр валків кулепрокатних станів приблизно в п'ять-шість разів більше діаметра куль, які прокатуються. Так, для куль діаметром від 25 до 125 мм застосовують валки діаметром від 190 до 700 мм.

Зважаючи на те, що за один оберт валків виходить одна куля, то продуктивність стану визначається числом обертів валків. Вихідним матеріалом для прокатки служать круглі заготовки довжиною від 1,5 до 6 м, діаметр яких менше діаметра кулі. Заготовку нагрівають до ~ 1000 °С та по ввідному жолобу відправляють у валки стану. Виходячи з іншого кінця стану, кулі скидають в бункер, в якому вони охолоджуються.

Існує також ряд станів спеціального призначення, наприклад, стани для прокатки ребристих труб, для накатки різьблень та ін.

Особливим різновидом спеціальних станів є ціла група роликотгибальних станів. На цих станах гнуті фасонні профілі одержують в результаті вигину смуг в холодному стані. Одержати такі тонкостінні профілі гарячою прокаткою в багатьох випадках неможливо через складність форми та швидке і нерівномірне охолодження тонкостінних профілів у валках.

Сортамент гнутих профілів різноманітний. На рис. 2.35 наведені деякі найбільш характерні профілі, які можуть бути отримані на роликотгибальних станах.

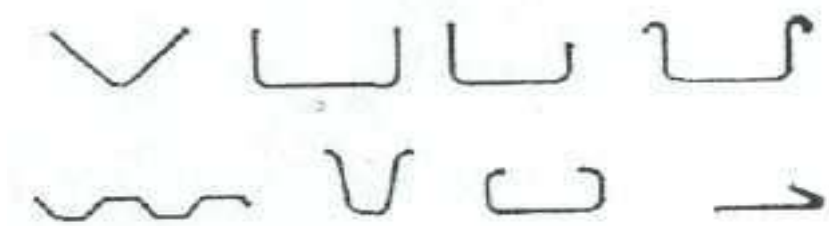


Рис. 2.35. Фасонні профілі, які одержуються методом вигину

Устаткування для виготовлення тонкостінних гнутих профілів аналогічне устаткуванню безупинних формувальних клітей трубозварювальних станів. Процес вигину на цих станах не є процесом прокатки, тому що при прокатці в кожній кліті змінюється не тільки форма смуги, але і її поперечний переріз,

а при вигині послідовно змінюється тільки форма поперечного перерізу смуги.

Безперечно, що в кожній парі роликів зміна форми перетину смуги дуже незначна. Тому для одержання складних профілів необхідно застосовувати багатокліткові роликосгібальні стани, які мають 6—20 та більше клітей в одній лінії [6].

Профілювання в багато разів продуктивніше в порівнянні з вигином в штампах та має багато переваг порівняно з прокаткою.

До таких переваг відносять: можливість одержання профілів з найбільш раціональним розподілом металу по перетину, з погляду забезпечення максимальної твердості та міцності при мінімальній витраті металу; висока точність розмірів та гарна якість поверхні; можливість виготовлення профілів за формою перетину, яка заміняє набір гарячекатаних профілів; відносно мала й однакова по всьому перетину товщина стінок профілю, яку в багатьох випадках неможливо одержати прокаткою.

Усім цим обумовлена висока ефективність виробництва та застосування гнутих профілів. Високопродуктивні профілезгібальні стани в нашій країні успішно експлуатуються на металургійних комбінатах «Запоріжсталь», «Криворіжсталь», «Азовсталь».

2.6.3. Прокатка коліс та бандажів

Виробництво коліс та бандажів є комбінованим процесом, який включає кування і прокатку. Для залізничного транспорту виготовляють колеса двох видів: цільні та складені. Цільні колеса виготовляють литі та катані. У випадку роздільного виготовлення бандажа та центра колеса називають складеними, при цьому центр може бути литим або катаним.

Останнім часом в транспортному машинобудуванні перевага надається суцільнокатаним колесам, тому що вони більш надійні та міцні.

Для виготовлення суцільнокатаних коліс та бандажів використовують сталь з 0,5—0,8 % С.

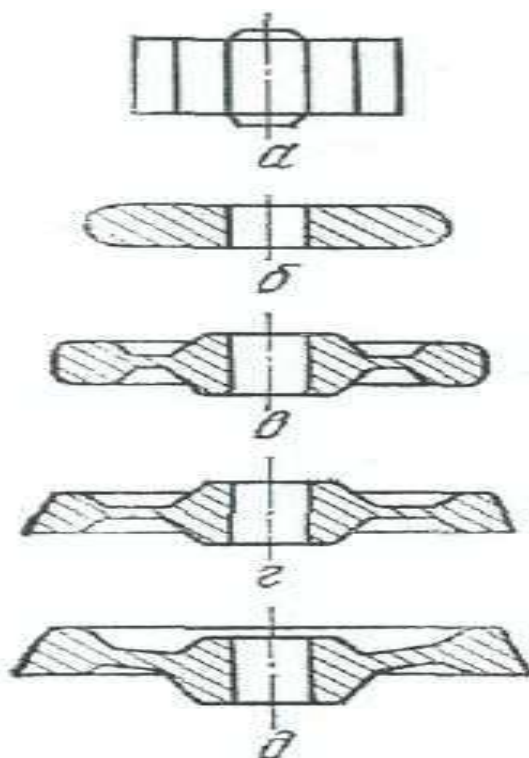
Процес виготовлення суцільнокатаних коліс включає: 1) різання зливків на заготовці; 2) нагрів заготовки; 3) обтиск та прошивання заготовки на пресі; 4) формування колісної заготовки на пресі; 5) прокатку на стані; 6) вигин та калібрування коліс на пресі; 7) термічну обробку коліс.

Зливки масою 3—5 т на спеціальних багатосупортних токарських верстатах розрізають на частини відповідно до маси коліс, які прокатуються. Отримані в такий спосіб шайби нагрівають до 1150—1200 °С, а потім осаджують та прошивають на пресі, після цього передають заготовки на більш могутній прес (7000—10 000 т), на якому штамнують чорнові заготовки коліс. Наступна операція — прокатка коліс на колесопрокатному стані.

Після прокатки диски коліс вигинають на пресі для надання їм більшої жорсткості. Після цього колеса повільно охолоджують або піддають ізотермічній витримці при 550 °С. Остигли колеса нагрівають в термічних печах до 830–860 °С, після чого гартують та відпускають. Потім йде остаточна операція механічної обробки коліс.

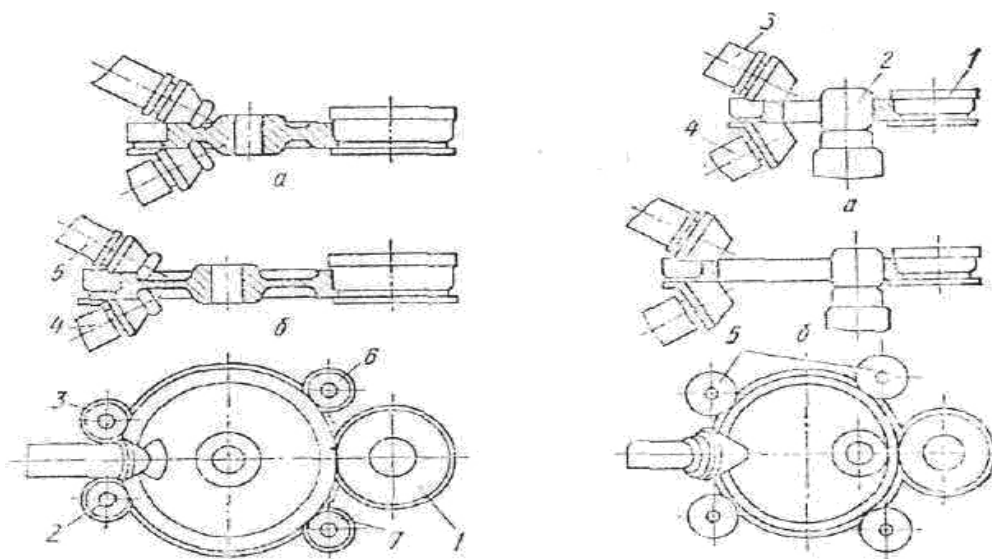
На рис. 2.36 наведена схема колесопрокатного стану з трьома вертикальними валками (валок 1 — корінний, валки 2, 3 — нажимні) для обробки робочої поверхні колеса.

Торцеві та внутрішні поверхні ободу обробляють двома похило розташованими валками 4 та 5. Валки 6 та 7 є направляючими роликками. Таким чином, в обробці колеса одночасно беруть участь сім валків, валки 1, 4, 5 є приводними, інші ж — холостими.



а – вихідна заготовка; б – після осаджування та прошивання;
в – після штампування; г – після прокатки; д – після вигинання диску

Рис. 2.36. Послідовна зміна заготовки після основних операцій



а – положення валків на початку прокатки; б – кінці прокатки

Рис. 2.37. Колесопрокатний та бандажепрокатний стани

У чотирьох холостих валках формуються поверхня кочення та реборда колеса. Похилі валки формують маточину. При прокатці діаметр колеса збільшується, завдяки чому тільки валок 1 встановлений стаціонарно, а інші валки розсовуються спеціальними гідравлічними пристроями. На рис. 2.37 наведено положення валків стану на початку та в кінці прокатки.

На старих заводах з одного (одиничного) зливка одержували один бандаж, на сучасних заводах бандажі та кільця виготовляють з великих злиwkів, які розрізають на частини. Отримані заготовки нагрівають, а потім на окремих пресах осаджують та прошивають.

Бандажепрокатний стан (див. рис. 2.37) складається з двох вертикальних валків 1 та 2, двох похилих 3 і 4 та чотирьох направляючих роликів 5. Для обробки робочої та внутрішньої поверхні бандажа служать валки 1 і 2, а для торцевих поверхонь — валки 3 і 4. Валки 1, 3 і 4 — приводні, а валки 2 і 5 — холості. У разі збільшення діаметра бандажу всі валки розсовуються щодо нерухомого валка 1.

Після прокатки бандажу на стані його розтягують на пресі до кільця правильної форми потрібного діаметра. На спеціальному пресі бандажі маркірують, після чого їх загартовують з наступним відпуском, оглядають, випробовують на твердість та сортирують, а потім відправляють на склад готової продукції.

Колеса та бандажі для залізничного транспорту виготовляють шляхом обробки металу в пластичному стані. Процес виготовлення включає такі операції, як кування та прошивання заготовки на пресі і прокатка на колесо- або бандажепрокатному стані.

Суцільнокатані колеса, тобто колеса, які виконуються за одне ціле з бандажем, виготовляють діаметрами 950, 1050 та 1250 мм з вуглецевої сталі з вмістом 0,6...0,7 % С, 0,6...0,9 % Мп, тобто зі сталі, яка за своїм складом близька до рейкового металу.

Як вихідний матеріал при виробництві суцільнокатаних коліс зазвичай використовують зливки масою 3...5 т та заготовки круглого або багатогранного перетину, які одержуються прокаткою. Маса зливка обирають такою, щоб з нього можна було виготовити кілька коліс.

Розглянемо послідовність технологічних операцій при виробництві коліс зі зливка (рис. 2.38).

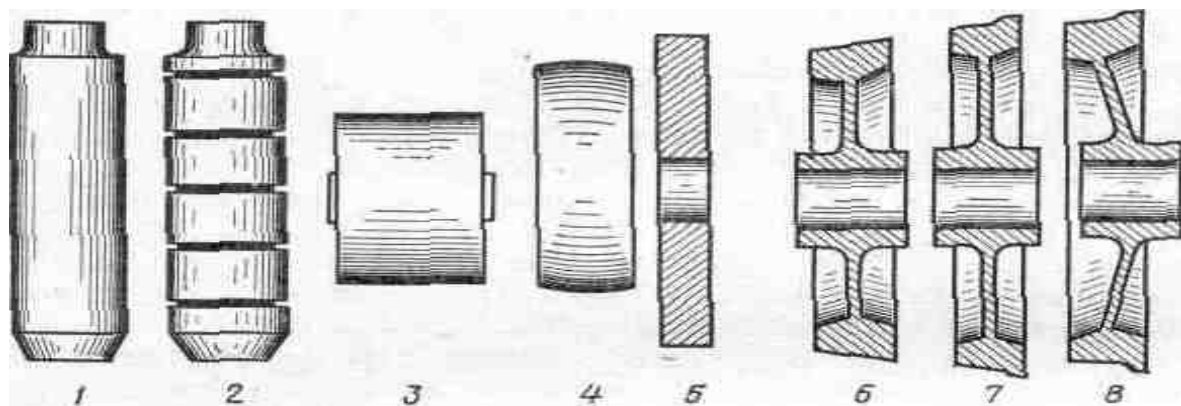


Рис. 2.38. Послідовність технологічних операцій при виробництві суцільнокатаних коліс

Прийняті до обробки зливки 1 спочатку оглядають та видаляють всі поверхневі дефекти. Потім їх розрізають на зливкорозрізних багаторізцевих токарських верстатах (операція 2) на окремі заготовки 3 (з кожної заготовки одержують одне колесо). Метал до температури обробки (1200... 1250 °С) нагрівають в кільцевих печах з обертовим подом. По видачі з печі заготовки надходять до пристрою для гідрозбиву окалини водою тиском 15 МПа. Потім заготовка передається до гідравлічних штампувальних пресів, на яких здійснюють операції осадки 4 (на пресі зусиллям 200 Н) з додатковим гідрозбивом окалини, прошивання центрального отвору та додання заготовці форми чорного колеса 5 (на пресі зусиллям 500 Н). Наступну обробку виконують на пресі зусиллям 1000 Н, де здійснюється формування маточини, диска та обода.

Отримана куванням колісна заготовка 6 надходить на колесопрокатний стан, де здійснюється остаточне викочування обода та гребеня і розкочування диска (операція 7). Останньою операцією пластичної обробки колеса (операція 8) є вигин диска, калібрування обода та видалення невеликої перемички в центральному отворі ступки, що виконується на пресі зусиллям 350 Н.

Колесопрокатний стан (рис. 2.39) має чотири приводних робочих валка, з яких два (1 і 2) корінних та два (3 і 4) похилих. Для кращої обробки гребеня колеса використовують ще два неприводних притискних ролики 5. Частота обертання колеса на стані при прокатці складає $3...5\text{ с}^{-1}$, продуктивність такого стану — два колеса за хвилину.

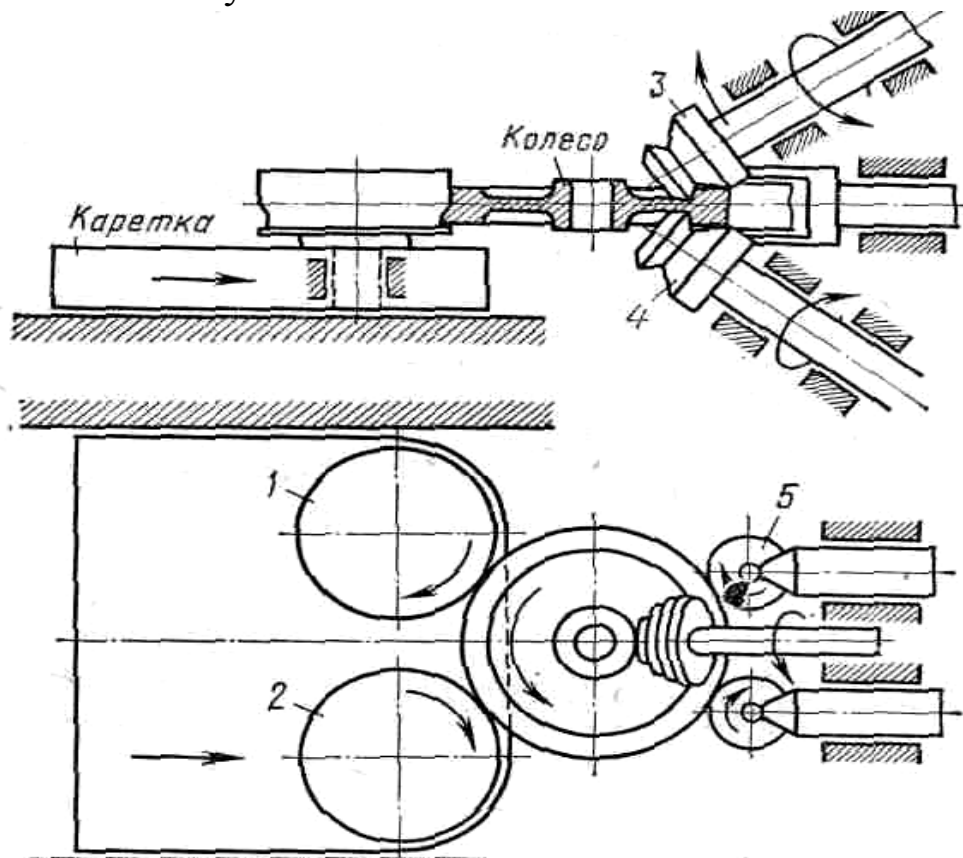


Рис. 2.39. Схема прокатки на колесопрокатному стані

Всі операції при виготовленні коліс, пов'язані з обробкою металу тиском, виконують за одне нагрівання. Після цього для

попередження появи флокенів колеса при температурі 900...950 °С поміщають в камери, де вони охолоджуються зі швидкістю 300 град/год до температури 350..500 °С. Потім колеса знову нагрівають до 600...650 °С та витримують при цій температурі 2...4 год. Наступна термічна обробка включає операцію загартування з температури 850...880 °С та відпуску при температурі 450 °С тривалістю 2,5 год. Після огляду та дефектоскопії колеса надходять на остаточну механічну обробку.

Бандажі виготовляють з вуглецевої сталі такого ж складу, що і суцільнокатані колеса. Вихідним матеріалом є зливки; з кожного зливка одержують 5...8 бандажів. Після видалення поверхневих дефектів зливки розрізають на заготовки, які нагрівають в печі. Гарячі заготовки осаджують на пресі та прошивають отвір в центрі. При наступній обробці розганяють отвір та надають точні розміри ободу по висоті.

Це виконують у чорновій кліті, а потім прокатують у чистовій кліті, де одержують необхідний профіль поверхні та заданий діаметр бандажа. Після прокатки бандажі розтягують на пресі, щоб надати їм точні розміри по діаметру, та усувають овальність. Заключною операцією при виготовленні бандажів є термічна обробка — загартування з відпуском. Перед надходженням на склад бандажі оглядають, випробовують на твердість та сортують.

2.6.4. Гнуті профілі

При гарячій прокатці фасонних профілів з товщиною стінки або окремих ділянок менше 2...3 мм через швидке та нерівномірне охолодження металу у валках виникають значні труднощі або неможливість одержання точних розмірів виробу.

Тому зайве завищені розміри деяких ділянок поперечного перерізу гарячекатаних профілів часто доводиться додатково обробляти на механічних верстатах з втратою металу в стружку.

Тим часом, виробництво прокату способом профілювання смуг та стрічки в холодному стані на роликозгибальних станах дає можливість одержувати вироби з більш раціональним розподілом металу по перетину, а отже, виготовляти профілі більшої міцності при збереженні маси. Окрім цього, методи виробництва гнутих профілів дозволяють одержувати лінійні розміри виробу високої точності з низькою шорсткістю їх поверхні, що усуває необхідність застосовувати додаткову обробку перед установкою до готового виробу. При цьому економія металу, в залежності від виду виробу, складає від 10 до 70 %, а в середньому — близько 25 % [6].

Виробництво профільованого прокату на роликозгибальних станах замінило малопродуктивний спосіб вигину металу в штампах. На профілезгибальних прокатних агрегатах одержують вироби для будівельної, машинобудівельної, автомобільної та авіаційної промисловості. Деякі види гнутих профілів наведені на рис. 2.34.

Вихідним матеріалом при виробництві гнутих профілів є смуги та стрічки зі сталі, кольорових металів і сплавів.

Процес профілювання є безупинним та полягає в зміні форми поперечного перерізу смуги при її проходженні через послідовно встановлені пари валків-роликів без зміни площі поперечного перерізу. Профілезгибальні агрегати аналогічні формувальними клітям трубозварювальних станів та мають приводні горизонтальні валки і холості вертикальні валки.

У кожній парі валків смузі, завдяки пластичному вигину, надається проміжна форма перетину, а в останній парі валків

смуга одержує остаточний необхідний профіль. Деякі види гнутих профілів наведені на рис. 2.40.

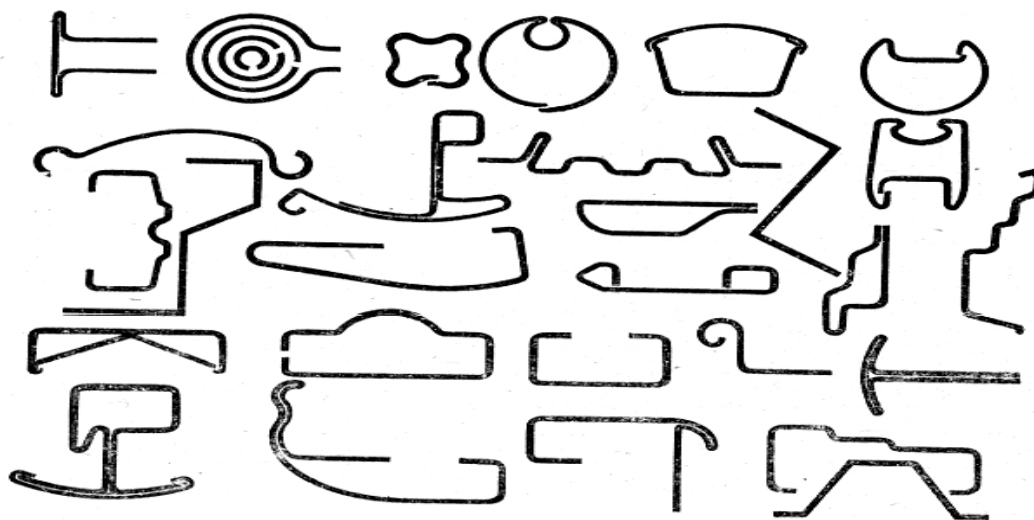


Рис. 2.40. Деякі види гнутих профілів

Процес профілювання можна поєднувати зі зварюванням, пайкою, пробиванням отворів, рифленням, різанням та рядом інших операцій (фарбування, промаслення, травлення, лудіння, цинкування та ін.). Для цього в потоці безпосередньо за роликозгибальним станом або в приміщенні для обробки встановлюють відповідні машини.

Виробництво виробів профілюванням виконують двома способами: перервним з окремої заготовки та безупинним з рулону. В другому випадку кінці рулонів перед формуванням зварюють у стик. По закінченні формування готовий профіль розрізають на ходу ножицями, якщо дозволяє форма профілю, або дисковими пилками. Хоча профілюванням обробляють смуги товщиною до 20 мм та шириною до 2000 мм, найбільш характерними типами установок є агрегати, на яких здійснюється вигин наступних смуг: 1–4х50–300 мм, 1–4х400–1500мм, 2–7х80–500 мм, 2–8х x100–600 та 4–10х400–1200 мм.

До профілювального інструмента відносять формуючі валки, бічні та верхні допоміжні ролики, проміжні та вихідні напра-

вляючі планки та оправлення-заповнювачі. Останні застосовують, коли потрібно одержати точні розміри внутрішнього контуру напівзакритих та закритих профілів.

DEM розроблюють обладнання для профільної прокатки дроту і здійснюють його постачання і сервісне обслуговування. Пропонуються комплекси для виготовлення перерізів, що призначені для різних використань у різних галузях, таких, як автомобільна, інструментальна, текстильна і т.п.

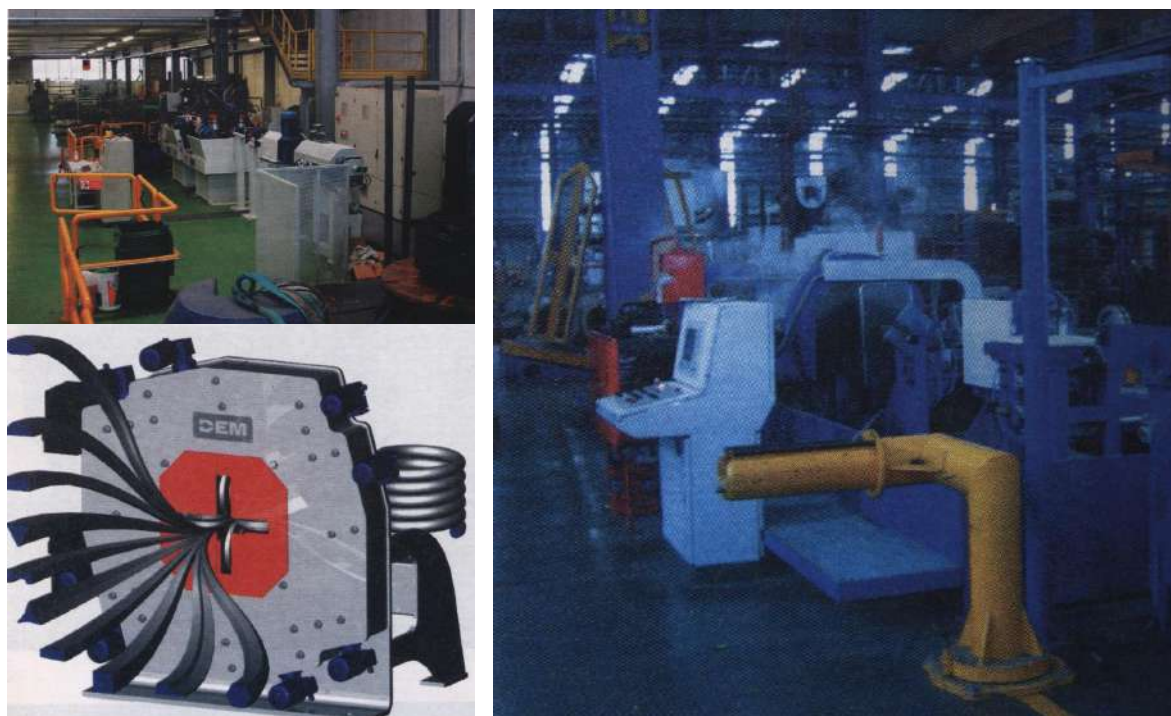


Рис. 2.41. Комплекс обладнання для профільної прокатки дроту

Висока продуктивність роликозгибальних станів (швидкість руху смуги через профільовані валки досягає 3 м/с), дешевизна обслуговування завдяки високій стійкості інструмента, можливість повної механізації та автоматизації процесу обробки, порівняно малі капітальні вкладення при будівлі цеху гнутих профілів, які звично окупаються менш ніж за півроку роботи, незначні

втрати металу (не більше 0,3...0,5 %) та інші переваги сприяють швидкому поширенню виробництва гнутих профілів.

2.6.5. Періодичні профілі

Періодичні профілі на відміну від звичайних мають закономірно змінний перетин в напрямку довжини виробу, причому він може періодично повторюватися багато разів.

Такі профілі, які одержуються періодичною прокаткою, можуть являти собою готові вироби (наприклад, арматурна смуга, леміш, півосі автомобілів і тракторів та ін.) або напівфабрикат для штампування деталей автомобілів, тепловозів та ін.

Одержання заготовок періодичною прокаткою надзвичайно вигідне, тому що при їх наступній обробці значно скорочуються операції штампування (зменшуються завантаження пресів і молотів, витрата енергії, робочої сили та ін.) і, що дуже важливо, спостерігається економія металу до 20...30 % в порівнянні зі штампуванням деталей зі звичайного прокату.

Виробництво періодичних профілів в окремих випадках може цілком виключити такі операції, як кування, штампування та обдирні роботи на металоріжучих верстатах. Характерно, що механічні характеристики металу при виробництві періодичних профілів не погіршуються, а в переважній більшості випадків зростають.

Періодичні профілі одержують двома основними способами: подовжньою та поперечно-гвинтовою прокаткою.

Подовжню прокатку періодичних профілів здійснюють в струмкових валках, виконаних неоднаковим радіусом по довжині окружності. На металургійних заводах періодичний профіль одержують у вигляді прутка, довжина якого приймається кратній довжині періоду. На машинобудівних заводах періодичний про-

філь виготовляють у ковальсько-штампувальних цехах найчастіше штучним способом — прокаткою в кувальних вальцях.

Форма калібрів для одержання періодичного профілю та їх розрахунок істотно відрізняються від форми калібрів при прокатці звичайних профілів. Це пояснюється тим, що при одержанні остаточної форми періодичного профілю витяжка по довжині одного періоду безупинно змінюється, досягаючи в окремих випадках дво- та триразової. Тим часом, в чистовому проході при звичайній прокатці витяжка рідко перевищує 1,2...1,25.

Високі обтиснення в окремих перетинах по довжині періодичного профілю викликані тим, що в даному випадку застосовують тільки один періодичний калібр. Застосування двох-трьох калібрів виключається через відсутність механізмів, які забезпечили б подачу смуги в суворо визначений момент повороту валків, а врахувати форму та розміри чистового періодичного калібру при подачі в нього смуги перемінного перетину поки що не є можливим через надзвичайну складність.

Різниця в обтисненні по довжині періоду викликає зміну просвіту в калібрі внаслідок нещільностей та пружних деформацій валків і деталей стану, що варто враховувати при калібруванні валків та вносити відповідні виправлення, інакше розміри профілю по висоті будуть відрізнятися від заданих на 1,5...2 мм. Однак, більш серйозні труднощі виникають при розрахунку довжини періоду на валках. Справа в тому, що допуски по довжині періоду зазвичай дуже незначні — всього 1 %, а тим часом, довжина вихідної з валків смуги залежить від змін випередження S_h , значення якого теоретично визначити дуже важко через мінливість радіуса валків, обтиснення, температурних умов тертя між смугою та валками і т. ін.

Підготовка валків для періодичної прокатки являє відому складність, тому що, окрім обробки на звичайних токарських верстатах, необхідно робити довбальні та фрезерні роботи. Окрім цього,

в більшості випадків для надання струмку остаточних розмірів найбільш складні ділянки його приходиться обробляти вручну.

Для одержання багатьох видів періодичних профілів валки виготовляють збірними. Такий валок складається із сердечника та набору кілець, які утворюють калібр. Низькі допуски по довжині (не більше 1 %) обмежують можливість використання валків після їх переточування. Практично в збірних валках середні кільця переточують не більше одного-двох разів.

Валкова арматура при періодичній прокатці відрізняється від звичайної. З передньої сторони стану встановлюють більш масивну коробку, пропуски в якій регулюють болтами збільшеного діаметра. З задньої сторони ставлять нижню та верхню проводки. Зважаючи на те, що дно калібру має складну конфігурацію, носок проводки не упирається в дно калібру, як це має місце при звичайній прокатці.

Сама проводка виконується ширше калібру та спирається на бурти валка. Носок проводки входить в калібр, але не торкається до дна навіть на ділянці, де калібр має найменшу глибину. Щоб уникнути продавлювання або вигину, проводку виготовляють більш масивною, ніж при звичайній прокатці.

Велике значення при виробництві періодичного прокату має створення механізму подачі смуги у валки в потрібний момент прокатки. При випадковій подачі металу у валки на кінцях кожної смуги з'являються періоди неповної довжини, що збільшує втрати металу на обріз. Щоб наблизити втрати до оптимального значення, необхідно здійснювати захоплення металу при положенні валків, яке відповідає початку періоду. Особливо чуттєві ці втрати металу в тих випадках, коли період має велику довжину.

Поперечно-гвинтовою та поперечною прокаткою виготовляють періодичні круглі профілі, які є заготовками для наступного штампування або обробки різанням, — вісі, кулі для шарикопідшипників та кульових млинів, різноманітні шестерні та ін.

Прокатка круглих періодичних профілів істотно відрізняється від подовжньої прокатки. Так, круглий періодичний профіль з перемінним діаметром по довжині одержують на двох- та трьохвалкових станах з дисковими (рис. 2.42, а) або конічними (рис. 2.42, б) валками, які розташовуються в робочій клітці під кутом 120° один до одного. Окрім цього, їх встановлюють з деяким перекосом; ($4...8^\circ$) відносно осі прокатки, що забезпечує поступальний гвинтовий рух заготовці, яка прокатується, через осередок деформації.

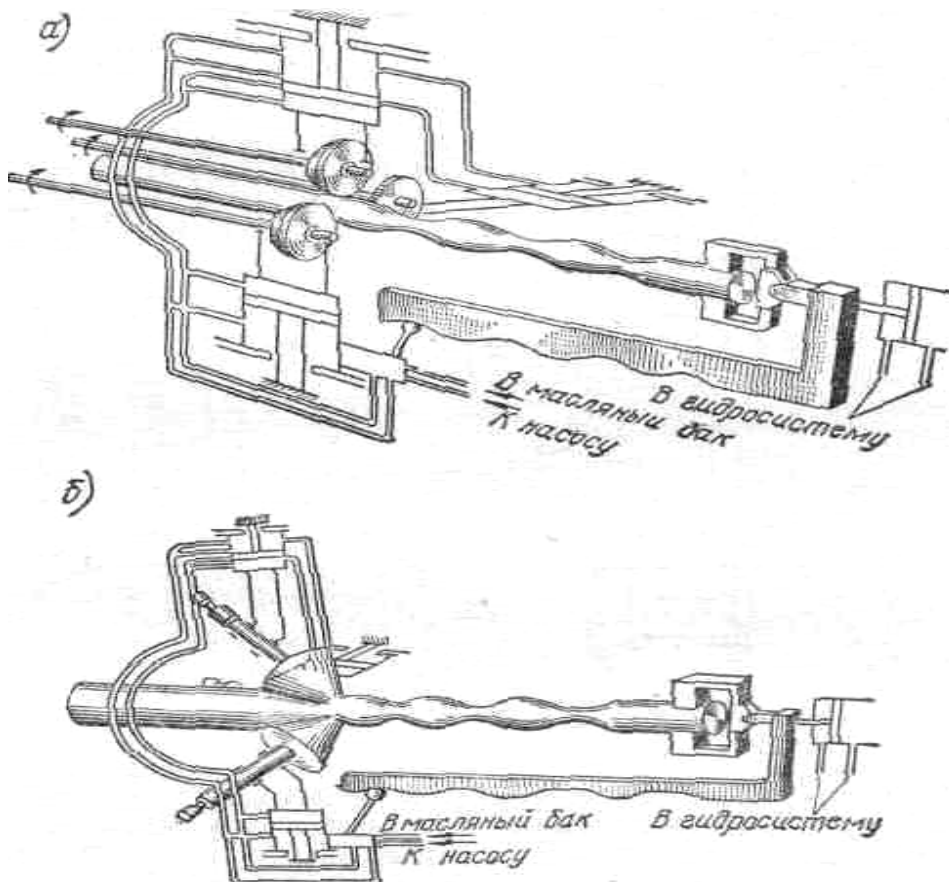


Рис. 2.42. Схеми трьохвалкових станів для прокатки періодичних профілів

Заготовками є круглі смуги, які після нагрівання до $1100...1150^\circ\text{C}$, подаються до упору затиску. Захоплення перед-

нього кінця смуги здійснюється автоматично одночасно з опусканням ролика клапана, який стежить, на копіювальну лінійку.

Гідравлічний пристрій переміщує затискний патрон разом з металом, який оброблюється в напрямку робочого ходу, створюючи необхідне стискальне зусилля. Копіювальна лінійка, переміщуючись одночасно з затискним патроном, забезпечує через гідравлічний натискний механізм зміну відстані між робочими валками, завдяки чому виходить необхідний періодичний профіль круглого перетину. Прокатка завершується звільненням заготовки, після чого процес повторюється в тій же послідовності.

Даний вид виробництва заготовок має наступні переваги: можливість повної автоматизації технологічного процесу (завантаження металу в нагрівальну піч та нагрів, подача до стану, захоплення, прокатка, звільнення та транспортування до складальних кишень), зменшення завантаження металоріжучих верстатів; висока універсальність, яка дозволяє одержувати вироби різної конфігурації, причому зміна профілю здійснюється за дуже короткий час; порівняно висока точність розмірів виробу (відхилення від номіналу зазвичай складають ± 1 % по діаметру та 0,5 % по довжині).

На металургійних заводах прокатку круглих періодичних профілів діаметром 50...220 мм та довжиною 700...5100 мм виконують на трьохвалкових станах. Заготовки меншого діаметра прокатують безпосередньо на машинобудівних заводах.

При виробництві куль діаметром 15...25 мм для підшипників кочення та діаметром 25...125 мм для помолу руди, вугілля, цементу і т.д. у кульових млинах одержали поширення двохвалкові стани поперечно-гвинтової прокатки. Прокатку заготовок куль підшипників кочення виконують з каліброваних круглих прутків, діаметр яких на 1,5...2 мм менше діаметра кулі.

При цьому шарикопідшипникова сталь нагрівається до 850...900 °С в індукційній печі та, проходячи термостат, подається-

ся у валки, які обертаються в один бік. Оскільки на кожному валку є струмки, виконані по гвинтовій лінії, а осі валків встановлені під деяким кутом, подібно валкам прошивних трубопрокатних станів, то заготовка, яка надійшла до валків, обертаючись, просувається в напрямку осі.

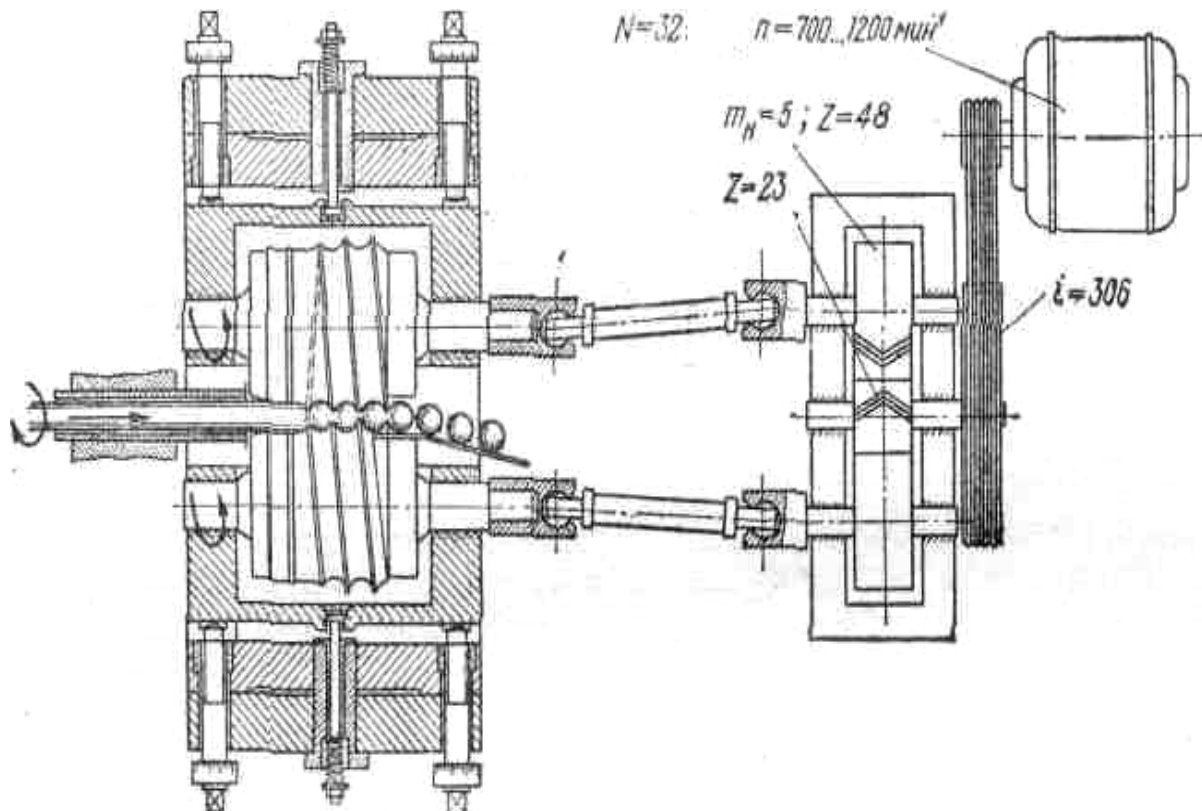
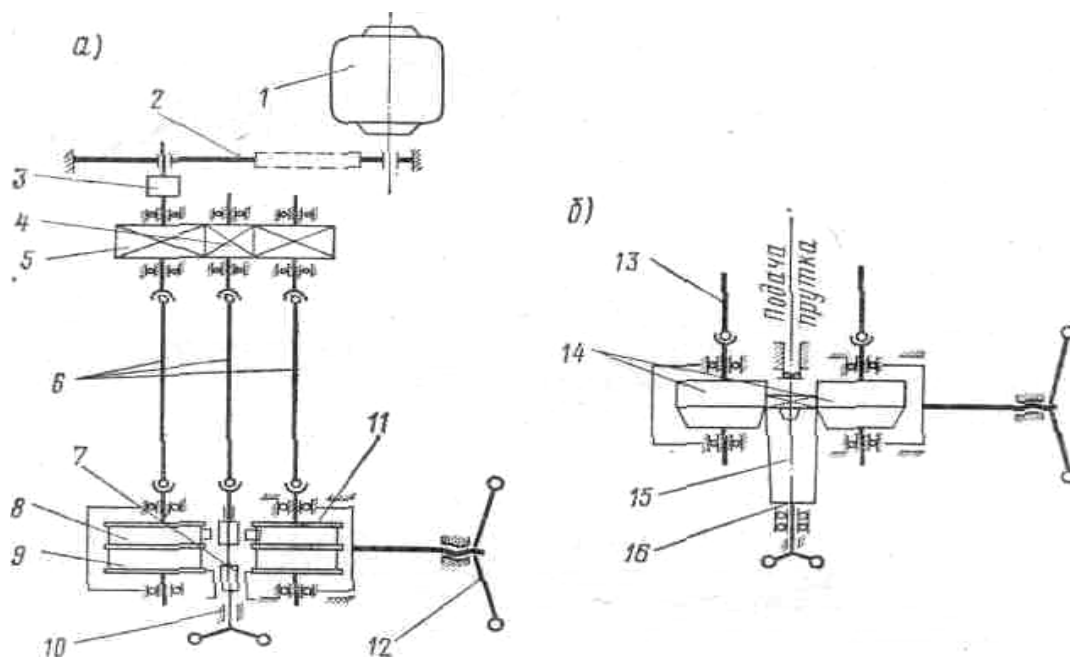


Рис. 2.43. Схема стану для прокатки куль

При цьому вона поступово набуває форму кулі, яка за кожен оберт валків викидається з іншого боку. Для збільшення продуктивності шаропркатного стану застосовують двох-, трьох- та чотирьохзахідні гвинтові калібри, які за кожен оберт валків забезпечують одержання двох, трьох та чотирьох куль. Щоб утримати заготівку від зсуву з осі прокатки, встановлюють направляючі бічні лінійки.

Заводський досвід показав, що діаметр валків варто обирати, виходячи з умов міцності осей валків та надійності захоплення металу валками. Так, наприклад, при прокатці куль діаметром

24...30 мм діаметр валків береться 200...220 мм, при діаметрі куль 36...50 мм діаметр валків 280...300 мм. Істотний вплив на одержання якісних куль здійснює довжина калібру, яка вимірюється в градусах розгорнення гвинтової лінії. Зазвичай ця величина знаходиться в межах 1170... 1350°, причому 810° приходяться на довжину оздоблювальної ділянки. На аналогічних станах здійснюють прокатку заготовок сферичних роликів для підшипників кочення, а також інші циліндричні та профільовані тіла обертання короткої довжини. Калібрування валків в даному випадку виконують стосовно необхідного профілю. Найбільші труднощі при цьому викликає одержання плоских торців заготовки.



а – з радіальною подачею заготовки; б – з осьовою подачею заготовки;
 1 – електромотор; 2 – клиноремінна передача; 3 – коробки швидкостей;
 4 – змінна шестерня; 5 – шестеренна кліть; 6 – шпинделі; 7 – заготовка;
 8 – робочий валок; 9 – робочий валок (чистовий); 10 – механізм установки і затиску заготовки; 11 – робоча кліть; 12 – штурвал для переміщення правої подушки; 13 – шпиндель; 14 – робочі валки; 15 – нагріта заготовка; 16 – механізм затиску і подачі пруткових заготовок

Рис. 2.44. Схема установки для прокатки шестерень

Тривалий час зубчасті колеса, що є дуже розповсюдженими деталями машин, виготовляли з кованої або литої заготовки на верстатах механічної обробки зі зняттям металу в стружку. Цей малопродуктивний та дорогий спосіб виготовлення зубчастих коліс замінила прокатка нагрітої заготовки на профільованих зубчастих валках, які мають модуль зачеплення, що дорівнює модулю необхідних шестерень.

Прокатка разом з високою продуктивністю забезпечує одержання зубчастих коліс із кращими механічними характеристиками. Продуктивність праці в порівнянні з операцією чорнового зубофрезерування зростає в 5...10 разів при економії металу до 15...20 % від маси заготовки колеса.

Зубчасті колеса пластичною деформацією металу одержують двома способами:

- 1) плоский диск затискають голівками супорта та розташовують між двома зубчастими валками. Заготовку нагрівають в індукційній печі на порівняно невелику глибину безпосередньо в супорті. Процес формування зубів виконують при обертанні та поступовому зближенні валків.
- 2) як тільки діаметр шестерні досягає заданого значення, процес обробки закінчують. Дану схему прокатки використовують переважно при виготовленні шестерень значного діаметра, а також шестерень з косо розташованими або шевронними зубами;
- 3) прокатку шестерень між зубчастими валками виконують продавлюванням між зубчастими валками в напрямку осі круглої довгої заготовки або складених стопою коротких заготовок, кожна з яких дорівнює товщині шестерні. Заготовки нагрівають в індукційній печі. В процесі прокатки відстань між осями валків не змінюється, що забезпечує виконання зубчастого зачеплення з високим ступенем точності.

Прокатні валки для виробництва шестерень виготовляють з легованої та низьковуглецевої сталі. В останньому випадку робо-

чу поверхню зубів валків цементують на глибину 0,5...1 мм, що підвищує стійкість до 3000...5000 шестерень на комплект валків.

Виготовлення шестерень прокаткою, окрім високої продуктивності, забезпечує одержання більш якісного металу в зубчастому вінці, який має підвищену міцність та зносостійкість.

Це пояснюється тим, що вигин волокна по профілю зуба при пластичній деформації металу заготовки сприяє одержанню більш якісного металу в зубчастому вінці — поверхня зубів стає більш щільною на глибину 0,5...0,6 мм.

Спеціальні дослідження на стомлене викришування поверхонь зубів шестерень зі сталі 45, прокатаних та додатково фрезерованих зі зняттям стружки товщиною лише 0,15 мм, показали, що межа втоми складає 7 МПа, в той же час для шестерень з того ж матеріалу, отриманих тільки фрезеруванням, за тих самих умов випробування межа втоми склала лише 5,3 МПа, тобто приблизно на 25 % нижче.

Окрім розглянутих видів періодичних профілів, які одержуються прокаткою, можна виготовляти профілі з гвинтовою поверхнею – з малим (з кроком до 3...5 мм) та великим різьбленням. Такі стани мають продуктивність в 10...20 разів вище продуктивності токарських та різьбофрезерувальних верстатів при економії металу до 10...15 %.

Вдало освоєне виробництво періодичного профілю у вигляді ребристих труб для теплообмінних апаратів. Виробництво цього виду періодичних профілів забезпечують трьохвалкові стани гарячої та холодної прокатки високо- та низько реберних труб з чорних і кольорових металів.

Відомо, що найбільш розповсюдженим ріжучим інструментом є свердла, гвинтові канали яких виготовляють на механічних верстатах, де до 50 % металу іде в стружку. Виготовлення свердел повздовжньо-гвинтовою прокаткою на чотирьохвалковому стані характеризується високою продуктивністю та економічністю.

Валки такого стану розташовані під кутом 90° один до одного та повернені до осі заготовки на кут, який відповідає куту підйому гвинтових канавок свердла. Валки утворюють закритий калібр, який забезпечує прокатку канавок свердла та профілю спинок і стрічечки свердла за один прохід заготовки.

Прокатку виконують в гарячому стані. Продуктивність одного стану складає 400 свердел на годину, що в 10...15 разів вище в порівнянні з фрезерувальними автоматами при економії металу до 25...30 %.

2.6.6. Характер плину металу.

Швидкість і зусилля пресування.

Принцип розрахунку заготовки та вибір контейнера

Характером плину металу при будь-якому способі обробки тиском називається послідовність переміщення окремих ділянок оброблюваної заготовки по її перетину й довжині.

Пресування відрізняється від інших методів обробки тиском різким розходженням характеру плину металу на початку й наприкінці процесу.

Для вивчення характеру плину металу часто застосовується метод координатних сіток. Цей метод полягає в тому, що спочатку заготовку розрізають уздовж осі (по діаметру); а потім на площині розрізу однієї з половинок заготовки наносять координатну сітку у вигляді рисок, глибина яких залежить від розміру заготовки.

Заготовку складають, попередньо змазавши розрізи сумішшю рідкого скла із графітом, скріплюють дротом, нагрівають, потім дріт видаляють і піддають пресуванню. Після пресування половинки легко відокремлюються одна від одної. По перекручуванню координатної сітки судять про характер інтенсивності деформації. Іноді координатна сітка наноситься й та торці заготовки.

Розмір області заготовки, у якій відбувається найбільш інтенсивна деформація (осередок деформації), не завжди однако-вий; іноді він зосереджений тільки біля матриці, іноді розтікається далі, а іноді й на всю заготовку, що знаходиться в контейнері.

При пресуванні звичайно має місце нерівномірний плин металу, що полягає в більш інтенсивному витіканні осередку шарів заготовки в порівнянні із зовнішніми, що приводить до утворення в задній частині пресованого виробу нещільності, названої пресостяжкою [6].

На характер плину металу, а отже, і на пресостяжку впливають: контактне тертя, температура металу й контейнера, стан поверхні контейнера й матриці, довжина заготовки, профіль матриці, змащення, швидкість і ступінь деформації. Як указує Унксов Є. П., при довжині заготовки більше її діаметра, характер плину й вид осередку деформації повністю залежать від контакт-ного тертя, перепаду температури й змащення. Отже, змінюючи тепловий режим пресування й умови тертя металу об стінки кон-тейнера й матриці, можна змінювати характер його плину, а та-кож впливати на рівномірність механічних властивостей виробу.

На підставі досліджень С. І. Губкіна, осередок деформації може бути трьох видів, які зображені на рис. 2.45. Перший вид осередку (рис. 2.45, а), зосередженого поблизу матриці, відпові-дає малому коефіцієнту тертя (0,1—0,2), високій якості поверхні стінок контейнера, гарному змащенню й відсутності перепаду температури між стінкою контейнера й поверхнею заготовки.

При цьому забезпечується найбільш рівномірний плин ме-талу, а отже, більш рівні механічні властивості по перетину ви-робу. Другий вид осередку деформації (рис. 2.45, б) поширюється на всю висоту заготовки, і плин внутрішніх шарів) відбувається швидше зовнішніх. Такий осередок деформації утвориться при середніх коефіцієнтах тертя (0,2—0,4) і наявністю деякої різ-ниці в температурах поверхні заготовки контейнера. Третій вид

осередку (рис. 2.45, в) відповідає високим значенням коефіцієнта тертя (0,4-0,5) і значній різниці в температурах поверхні заготовки й стінок контейнера. При такому виді осередку деформації нерівномірність плину металу буде найбільшою, причому в області заготовки, пов'язаною з пуансоном (пресшайбі), спостерігається найменша деформація.

Зворотному пресуванню звичайно відповідає перший вид осередку, тому що при цьому способі заготовка не переміщається в контейнері, що відповідає меншому тертю. Отже, з погляду якості, вироби мають очевидні переваги зворотного методу пресування перед прямим. Необхідно звернути увагу на те, що якщо в матриці або контейнері немає конічної області, то в кутах є зони застою металу, які зовсім не деформується (рис. 2.45, зона 1). Для виключення цього явища звичайно застосовуються матриці, що мають задню частину у вигляді лійки із центральним кутом 110—130°.

Швидкість плину металу при пресуванні може досягати досить великих значень. Наприклад, при пресуванні алюмінієвого дроту діаметром 6—8 мм зі зливка діаметром 300 мм при коефіцієнті витяжки $\mu = 2500$ швидкість плину становить 25 м/сек.

Однак, залежно від температури металу, швидкість течії може бути різною й при зниженні температури повинна знижуватися, щоб уникнути розтріскування виробу при виході його з матриці.

При пресуванні мідних труб допускається швидкість плину при температурі зливка 800—850° становить 5 м/сек, а при температурі 550° — близько 2 м/сек.

Метали й сплави, що мають малою швидкістю рекристалізації, повинні деформуватися з малою швидкістю плину.

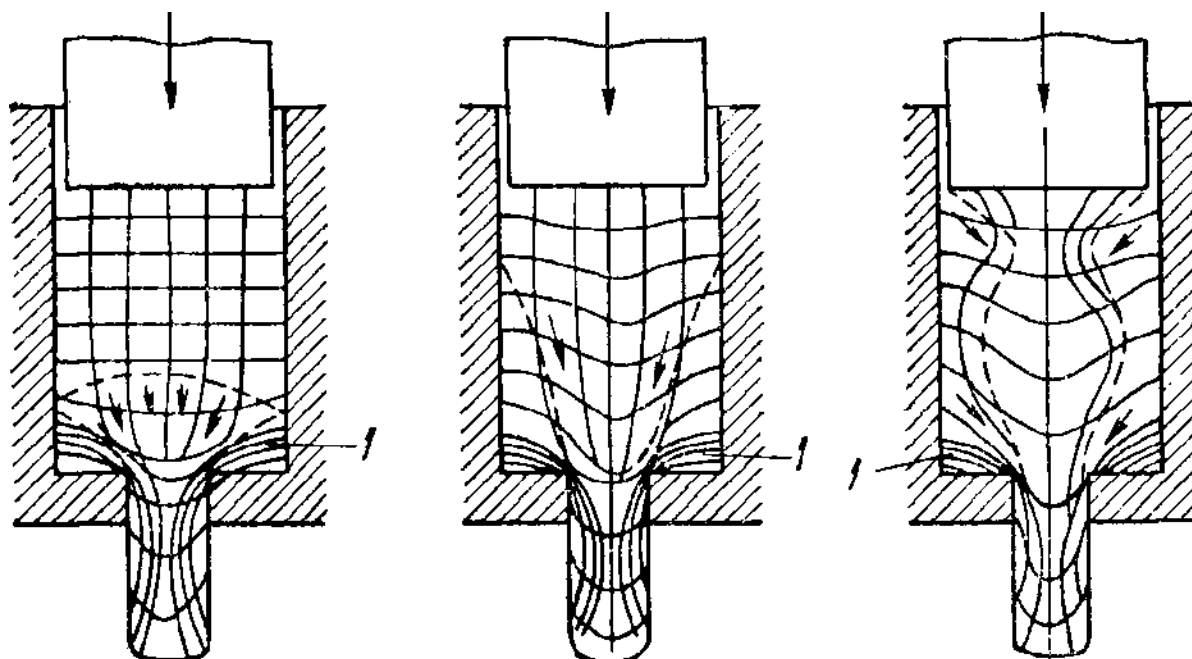


Рис. 2.45. Види осередку деформації при пресуванні й характер плину металу

Зусилля пресування визначається

$$P = pF_0,$$

де P - зусилля пресування в кГ (н);

p - питомий тиск плинущого металу в кг/мм² (Мн/м²).

F_0 - площа поперечного перерізу контейнера в мм.

Для випадку пресування прутків із циліндричного контейнера через матрицю, що має конічну заводну частину і циліндричну вихідну частину. Питомий тиск може бути обчислено за аналітичною формулою, отриманою Унксовим.

$$p = \sigma_T \left(\frac{2L_0}{D_0} + \frac{1}{\alpha} \ln \frac{F_0}{F_1} + \frac{4fa}{D_1} \right)$$

де σ_m - границя текучості матеріалу при даній температурі, певна при лінійному розтяганні в кг/мм² (Мн/м²);

L_0, D_0 - довжина й діаметр заготовки;

α - центральний кут конуса матриці в ° (рад);

F_0, F_1 — поперечний переріз заготовки й вихідного від: осі матриці; a — довжина вихідної циліндричної ділянки матриці а D_1 — його діаметр. Розрахунок розмірів заготовки й вибір контейнера виробляються, виходячи із припустимих коефіцієнтів витяжки. Діаметр вихідної заготовки дорівнює

$$D_0 = 2\sqrt{\frac{\mu F_1}{\pi}}$$

Діаметр контейнера приймається на 5-10 мм більше діаметра заготовки при пресуванні на горизонтальних пресах й 1-2 мм більше при пресуванні на вертикальним. Довжина заготовки визначається, виходячи із припустимого ступеня деформації діаметра контейнера й довжини ходу плунжера преса. Наприклад, для одержання прутків у діаметрі від 150 до 250 мм, а також із внутрішнім діаметром від 150 до 300 мм і товщиною стінки до 50 м, на пресі із зусиллям 5000 т (50 Мн) у контейнері з максимальним діаметром 500 мм можуть деформуватися злитки кольорових металів і сплавів діаметром 490 мм, довжиною 800.

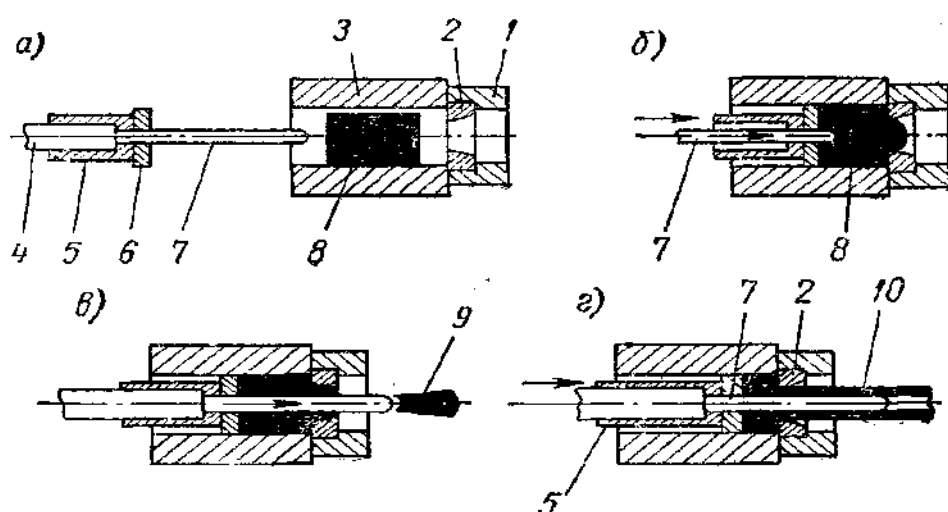
2.6.7. Технологія пресування.

Інструмент та устаткування пресування

При пресуванні велике значення має підготовка злитків. Операція полягає в їхньому різанні на частині, у деяких випадках обробці зовнішньої поверхні, а, якщо потрібно, розточується отвір (для пресування труб). На поверхні злитків не має бути залишків шлаків, раковин, тріщин й інших дефектів глибиною більше 3 мм.

Злитки з алюмінієвих і магнієвих сплавів обточують на верстатах. Злитки з мідних, нікелевих й інших сплавів пресуються без обточування, тому що ефект обточування не досягає цілі через наступне окислювання при нагріванні. Для нагрівання злитків

або заготовок, як правило, застосовують мазутні печі й електропечі опору. Останнім часом встановлено, що продуктивність й економічність пресування можна підвищити за рахунок здійснення нагрівання заготовок індукційним методом, що забезпечує більшу швидкість нагрівання й малий вигар металу.



а – момент завантаження заготовки; б – момент початку прошивання;
в – кінець прошивання; м – видавлювання

Рис. 2.46. Схема технології пресування труби прямим методом

Як приклад, технології пресування розглянемо пресування труби по прямому методу (рис. 2.46). При пресуванні труб на кінці пуансона зміцнює голка. Залежно від конструкції преса кріплення голки з пуансона буває нерухомим і рухливим. У першому випадку голка переміщається одночасно з пуансоном, у другому — голка має самостійний рух (як окремо від пуансона, так і разом з ним) [6].

Пресування труб на пресі із самостійним рухом голки здійснюється за схемою, зображеною на рис. 2.46. Нагрітий зливоч 8, завантажений у контейнер 3, стискується пуансоном 5 з укріпленою на його кінці пресшайбою 6 (рис. 2.46, а). Кінець голки 7 частково встановлюється в злиток 8 (рис. 2.46, б), після чого голка,

укріплена в голкотримачі 4, проходячи через пуансон 5, прошиває злиток, видавлюючи з нього через матрицю 2, укріплену в матрицетримачі 1, частину металу заготовки у вигляді усіченого конуса, названого пробкою, або відрою 9 (рис. 2.46, в).

За рахунок подальшого поступального руху пуансона 5 злиток у вигляді труби 10 випресовується через кільцевий зазор, утворений отвором матриці 2 і голкою 7 (рис. 2.46, г). Зовнішній діаметр труби 10 виходить рівним діаметру матриці 2, а у внутрішній — діаметру голки 7.

При пресуванні труб так само, як і при пресуванні прутків через нерівномірність витікання металу наприкінці процесу доводиться залишати частину металу заготівлі в контейнері для того, щоб запобігти влученню пресстяжки у виріб. Пресзалишок представляє основну частину втрат металу при пресуванні, і залежно від характеру плин металу висота може коливатися в межах 5-30 % від діаметра злитка. Чим рівномірніше плин металу при пресуванні, тим менше пресстяжка й тим менше відхід на пресзалишок. Після закінчення пресування прес-залишок підлягає відрізку від основного виробу.

Останнім часом при виробництві труб великого діаметра набутив промислового застосування метод комбінованого пресування, що поєднує обидва види плин металу. При цьому методі прошивання здійснюється по зверненому методу, а пресування труби - по прямому. Зазначений метод порівнянню зі звичайним методом пресування труб дозволяє скоротити відхід металу при прошиванні злитка в 30-40 разів.

Після пресування виробу піддаються відповідаю термообробці, наприклад відпалу, загартуванню, старінню й т. а також виправленню, різанню й іншим операціям, обумовлений ДСТУ на сортамент. Інструмент для пресування в тяжких умовах, тому що випробовує дію більших навантажень і високих температур. Тому він виготовляється з високоякісних спеціальних сталей. Деталі

інструмента, контакту безпосередньо з нагрітим металом, звичайно виготовляються зі сталей 5ХНВ, 7ХЗ, 3Х2У8, ЭИ617, ЭИ661.

Оскільки пресування ведеться з досить значними ступенями деформації, то для здійснення цього процесу машини повинні розвивати більші зусилля. Найбільш прийнятним устаткуванням, із цього погляду, є гідравлічні преси, які залежно від виду продукції пресування бувають горизонтальними або вертикальними.

Конструкція гідравлічних пресів, що застосовуються при пресуванні, принципово не відрізняється від пресів, що застосовуються для вільного кування. Для пресування використовуються преси із зусиллями від 30т (3,0 МН) до 25 000 т (250 МН) і більше.

2.6.8. Особливості гарячого пресування сталей

Основними факторами, що створюють відмінні особливо пресування сталі від пресування кольорових металів і сплавів є: більш високий опір деформації сталей порівнянню з кольоровими металами й сплавами, більш висока температура гарячої деформації сталей і більше окалиноутворення (у деяких сталей). Під впливом цих факторів стійкість інструмента може становити всього кілька операцій. Проте встановлено, що пресування прутків з невеликою серією набагато вигідніше прокатки, особливо для профілів, які виготовити прокаткою важко або зовсім неможливо.

У цей час пресуванням обробляють вуглецеві сталі марок 20, 35, 45, 50, конструкційні 30ХГСА, 40ХН, нержавіючі сталі Х18Н9Т, ЭИ69 й інші високолеговані сталі.

Розміри сталевих пресованих виробів ДСТУ поки не передбачаються. Наприклад, заводи роблять труби із внутрішнім діаметром від 30 до 165 мм при товщині стінки від 2 до 10 мм, профілі з товщиною полиці 2-2,5 мм із лінійними розмірами поперечних перерізів до 200 мм [5].

Для забезпечення високих і рівномірних механічних властивостей по перетину сталевого виробу ступеня деформації повинні бути: при литій заготовки не менш 80-85 %, а при катаній — не менш 60 %. Швидкість витікання при пресуванні сталевих профілів повинна бути досить високою, для того, щоб спад температури заготовки був найменшим. Тому, пресування вуглецевих і низьколегованих сталей роблять зі швидкостями 3-6 м/сек, а високолегованих — 1-2 м/сек.

Питомі обтиски при пресуванні сталі досягають 130-160 кГ/мм² (1300—1600 Мн/м²). При таких обтисках інструмент для пресування, особливо матриці, повинен бути високоміцним і зносостійким при підвищеній температурі.

Найкращий результат досягається при виготовленні матриць із жароміцних сплавів, наприклад, марки ЖС6. Цей сплав застосовується для матриць при пресуванні вуглецевих, що не іржавіють, і навіть жароміцних сталей. Іноді матриці виготовляються з наплавленням із твердих сплавів ВК2 або ВК3.

Важливою особливістю пресування сталей є застосування швидкого нагрівання (наприклад, електронагріву) і спеціального змащення інструмента. Швидке нагрівання зменшує окалиноутворення, у результаті чого знижується тертя й підвищується стійкість інструмента. Змащення підвищує стійкість інструмента й стримує охолодження заготовки. Найкращі результати дають скляні змащення у вигляді скляної вати, порошку та ін.

В останні роки гарячому пресуванню сталевих виробів надається величезне значення. У цілому ряді випадків застосування пресування для одержання заготовок складної форми значно доцільніше методу гарячого об'ємного штампування.

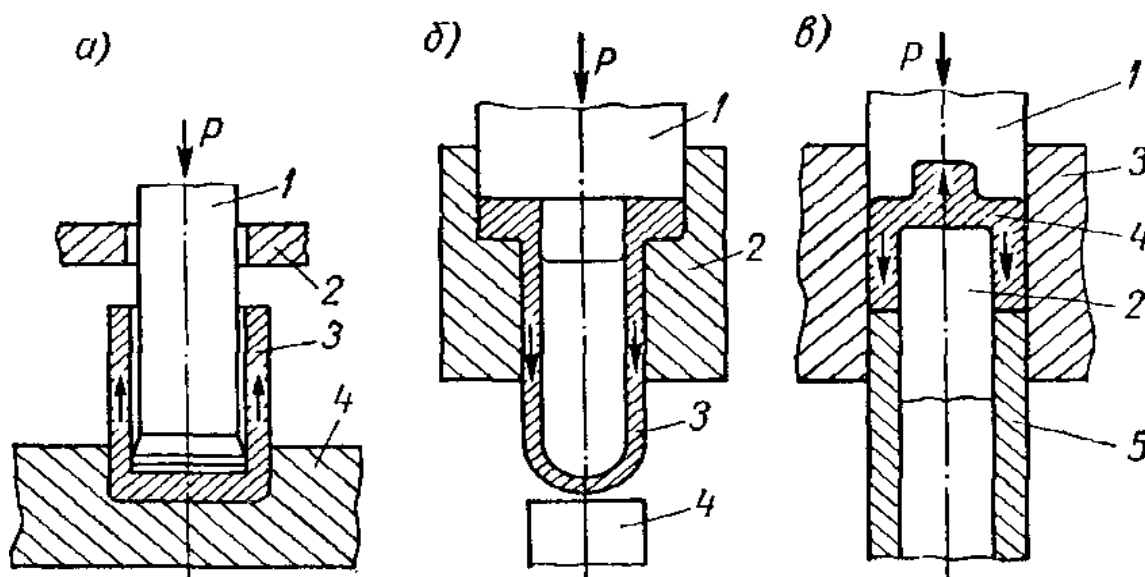
Наприклад, переваги пресування видні при виготовленні таких трудомістких деталей, як лопатки турбін. Перехід з об'ємного штампування кування лопатки на пресування скорочує припуск на механічну обробку й, крім того, підвищує працез-

датність лопаток за рахунок більш однорідної структури металу по перетину їхньої робочої частини (пера).

2.6.9. Холодне видавлювання (пресування)

Різновидом пресування є холодне видавлювання, яке здійснюється в штампах. Холодне видавлювання здійснюється за трьома методами: прямого, зворотного й комбінованого, — схеми яких зображені на рис. 2.47.

Як вихідні заготовки можуть використовуватися заготовки, вироблені з листа, пруткові або профільовані. За допомогою видавлювання виготовляються найрізноманітніші деталі, наприклад, склянки, гільзи, балончики, сільфонні трубки, валики, болти, гайки, маховички, фланці та ін.



а – зворотний метод: 1 – пуансон; 2 – знімач; 3 – виріб; 4 – матриця;
 б – прямий метод: 1 – пуансон; 2 – матриця; 3 – виріб; 4 – виштовхувач;
 в – комбінований метод: 1 – верхній пуансон; 2 – нижній пуансон; 3 – матриця; 4 – виріб; 5 – виштовхувач

Рис. 2.47. Схеми методів холодного видавлювання

Матеріалом для видавлювання можуть служити як кольорові метали і їхні сплави, так і сталі. Порівняно новим питанням є виготовлення холодним видавлюванням деталей зі сталі. У порівнянні з кольоровими металами сталь значно суужніше піддається холодному видавлюванню. Для одержання сталевих виробів цим методом необхідно точне дотримання ряду умов дотичного вибору матеріалу матриць і пуансонів, його термічної обробки, якості й властивостей сталі, що піддається видавлюванню, швидкості видавлювання, розмірів і форми виробу, методів змащення й т.д.

Внаслідок того, що холодне видавлювання протікає в умовах переваги схеми всебічного нерівномірного стиску, то принципово майже всі сталі піддаються цьому процесу. Але, незважаючи на це, через виникаючі більші тиски, що перевантажують інструмент, існують деякі обмеження.

Таким чином, межі економічного застосування холодного видавлювання сталевих виробів обумовлені доступним питомим тиском в інструменті і пластичними властивостями обробленої сталі. Деякі вчені вважають, що процеси, при яких питомий тиск в інструменті перевищує 250 кг/мм^2 (2500 Мн/м^2) або склад сталі не припускає за один перехід ступінь деформації більш ніж 25 %, є неекономічним.

Через те, що найбільша кількість деталей машин виробляється з конструкційних сталей, то дуже важливим є питання розробки умов їх холодного видавлювання. В ряді випадків доволі успішно виготовлюються вироби методом холодного видавлювання зі сталей марок 15 кп, сталі , 15Х, 20ХГ, 40Х, 25Х2МФА, 35ХЮА та ін. Деякі сталі можна обробляти навіть зі ступенем деформації 90 %.

На величину питомого тиску при холодному видавлюванні сталі, а насамперед, і на роботу штампового інструмента особливо впливають механічні властивості деформованої сталі, ступінь

деформації, товщина стінки витисненої склянки (або діаметр сполошного виробу), спосіб видавлювання, кут конусності вхідного отвору матриці, кут конусності пуансона, змазки.

Наприклад, при зворотному видавленні стану з маловуглецевої сталі ($a_s = 38 \text{ кГ/мм}^2$; $\sigma_m = 26 \text{ кГ/мм}^2$) при ступені деформації 30 % питомий тиск складає близько 140 кГ/мм^2 (1400 Мн/м^2), а при ступені деформації 60 % — близько 240 кГ/мм^2 (2400 Мн/м^2). Експериментально встановлено, що сталені вироби не сумісно виготовляти видавлюванням з товщиною стінки не менш 4–4,5 мм, так як при малій товщині стінки різко збільшується питомий тиск, величина якого навіть для маловуглецевої сталі буде перевищувати 250 кГ/мм^2 (2500 Мн/м^2).

При видавлюванні суцільних деталей питомий тиск значно нижче, ніж при видавлюванні порожнистих. Наприклад, при видавлюванні стержнів з маловуглецевої сталі (механічні властивості вказані вище) при ступені деформації 40% удільний тиск буде близько 25 кГ/мм^2 (250 Мн/м^2), а при ступені деформації 70 % — близько 100 кГ/мм^2 (1000 Мн/м^2).

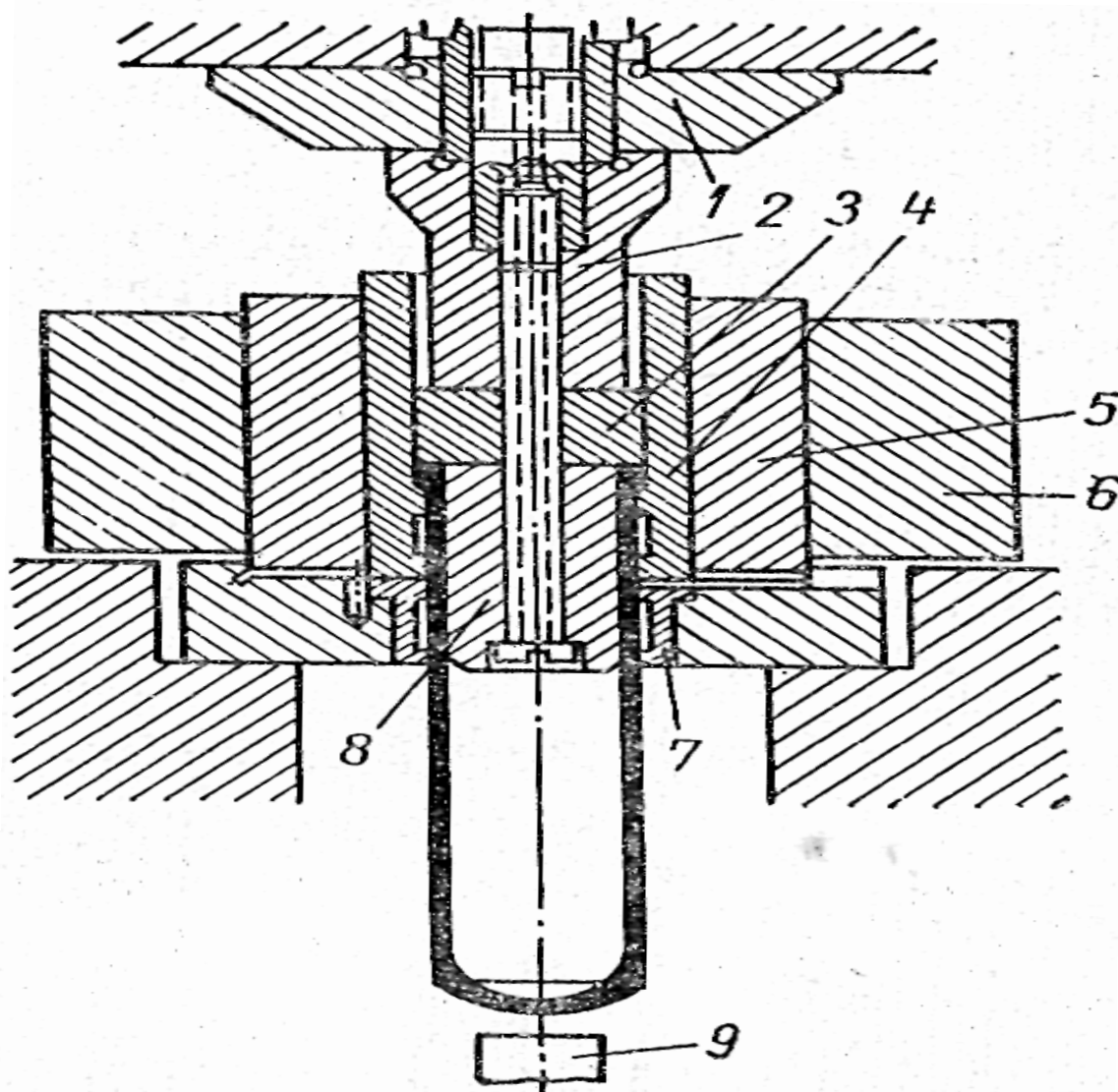
При конструюванні штампів для холодного видавлювання слід відмітити, що оптимальним центральним кутом західного конусу матриці, при якому спостерігається мінімальна величина питомого тиску.

Для зниження питомого тиску торець пуансона рекомендується робити конічним з центральним кутом 362-166°.

У зв'язку з тим, що матриця штампів для холодного видавлювання піддається значним радіальним напругам, з метою підвищення терміну дії, їх запресовують разом з відповідним натягом в обойми. Кількість обойм може бути від 1 до 3.

Матеріалами для робочих часток штампа є як інструментальні сталі марок Х12М, ХВГ, так і тверді сплави типу швидкорізу. Обойми для матриць виготовляють зі сталей марок 5ХНМ, 5ХНВ, 3ОХНЗ та ін.

Холодне видавлювання сталевих виробів доцільно застосовувати в умовах масового виробництва, так як ціна штампів висока. Великою перевагою холодного видавлення сталевих виробів є їх висока точність – 0,1 – 0,2 мм.



1 – верхня плита; 2 – хвостовик пуасона; 3 – пуасон; 4 – матриця;
5 – перша обойма; 6 – друга обойма; 7 – спрямовувальне кільце;
8 – головка пуасона; 9 – виштовхувач

Рис. 2.48. Схема штампа для прямого видавлювання порожніх деталей



Рис. 2.49. Обладнання для прямого видавлювання порожніх деталей

Якість поверхні деталей, отриманих холодним видавлюванням, перевищує якість поверхні поковок, вироблених гарячою штамповкою з послідовною холодною калібруванням.

Втрати металу при застосуванні холодного видавлювання порівняно з гарячою штамповкою можуть бути скорочені на 60–

70 %. Холодним видавлюванням з маловуглецевих сталей у США виробляють деталі діаметром до 160 мм і довжиною до 1500 мм.



Рис. 2.50. Преси і машини для прямого видавлювання порожніх деталей

Середня стійкість робочих деталей (пуансонів і матриць) штампів при холодному видавлюванні буде від 4000 до 50 000 шт. виробів.



Рис. 2.51. Спеціальне обладнання для видавлювання порожніх деталей

Також важливим фактором, який впливає на стійкість штампів, є змазка і підготовка поверхні заготовок під змазку. Експериментально встановлено, що перед видавлюванням поверхню сталюї заготовки слід фосфатувати. Фосфатований шар, який ще й пористий, добре утримує змазку. В якості змазок застосовують різні сполуки, наприклад, стеаринова кислота, мінеральні масла, тваринні та рослинні жири і т.п.

Основним обладнанням для холодного видавлювання є різноманітні преси: кривошипні, ексцентрикова ні, кривошипно-колінні (чеканочні), а також гідравлічні.

Обладнання для холодної прокатки гладких та періодичних профілів фірми DEM Rolling Technology призначені для прокатки круглих, прямокутих і інших профілів з різним спеціальним перерізом. Компанія постачає, як обладнання, так окремі роликові касети для холодної прокатки (рис. 2.51).

2.7. Зварювальне виробництво

2.7.1. Електроерозійне обладнання з ЧПУ

Компанія з Тайваню HO CHEN пропонує широку гаму верстатів EDM від RAM типу з переміщенням до 3115x800x600 мм і максимальними габаритами заготовки 3700x1400x700 мм до звичайного C типу EDM з переміщеннями 300x250x150 мм. Чистота обробленої поверхні може досягнути 0.2 по R_a .

2.8. Роботизація і автоматизація зварювального виробництва в машино- і автомобілебудуванні

Компанія PEMAMEK (Фінляндія) є системним інтегратором в галузі зварювального виробництва, системним партнером компанії по виробництву роботів MOTOMAN, що входить до складу японської корпорації Japanese YASAKAWA Electrics Corporation.

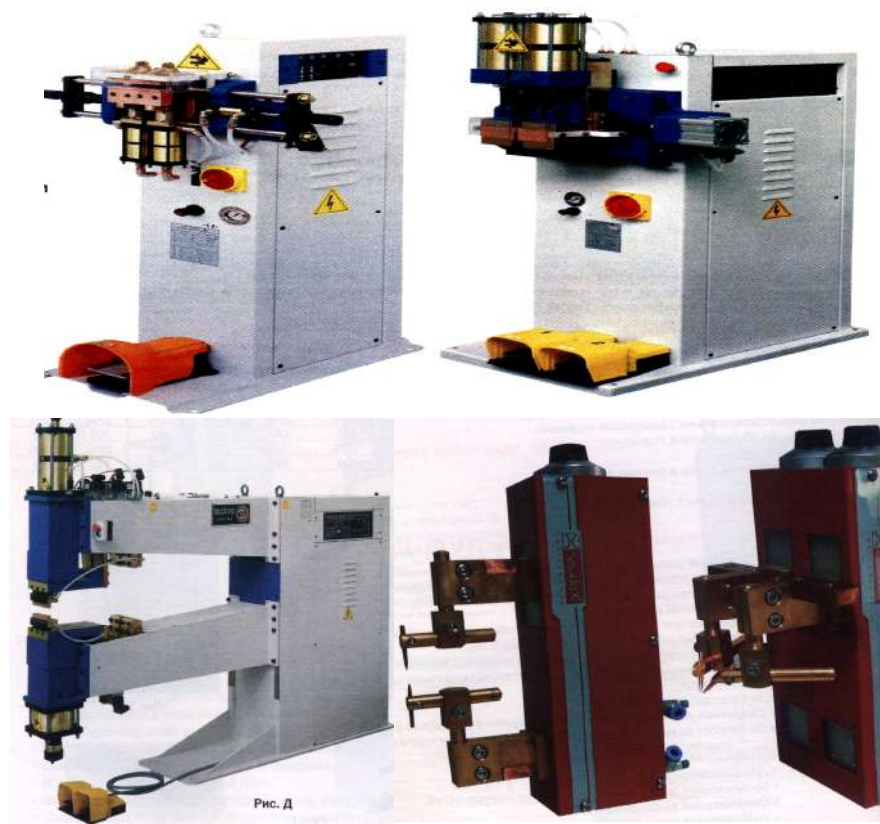


Рис. 2.52. Різновиди виконання зварювальних комплексів

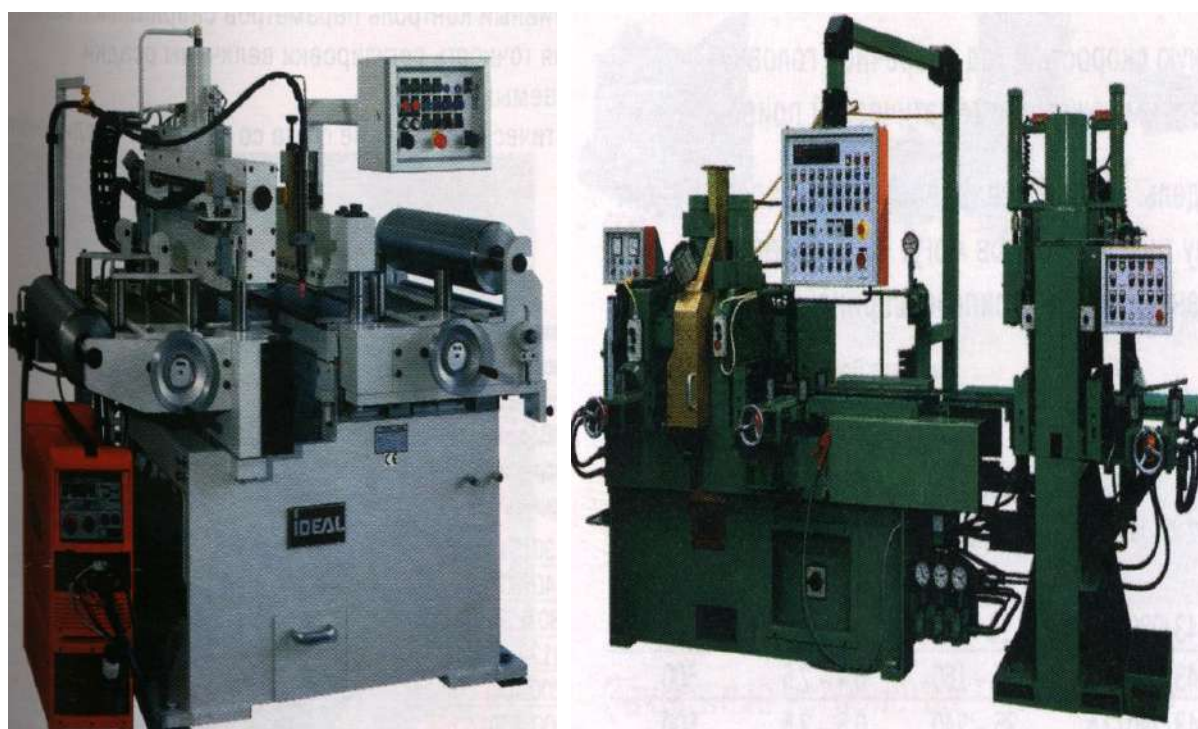


Рис. 2.53. Зварювальні комплекси і прилади

2.9. Плазмове дугове зварювання

Плазмове зварювання — це зварювання плавленням, при якому нагрів здійснюється спрямованим струмом дугової плазми. Плазмовий засіб є подальшим розвитком зварювання у середовищі аргона вольфрамовим електродом і відрізняється від нього наступними процесами:

- примусовим вдуванням в дугу плазмоутворюючого газу;
- стисненням дуги в спеціальному плазмотроні з вузьким водоохолоджуючим каналом.

Переваги плазмового дугового зварювання від інших видів зварювання наступні:

- забезпечення повного проплавлення металів без подальшої обробки кромки товщиною до 8 мм;
- зварювання тонколистового матеріалу від 0,1 мм без поводки;
- можливість зварювання усіх металів, включаючи титан і алюміній;
- виключено проникнення вольфраму у шов;
- висока щільність енергії дуги і швидкість зварювання;
- мінімальне короблення виробу;
- можливість зварювання оцинкованого металу;
- висока стабільність дуги, проплавлення і геометрії шву;
- Відмінна якість зварювання, що не потребує подальшої її механічної обробки.

Плазмове крапкове зварювання має деякі переваги перед контактним зварюванням:

- можливість приварки листів до об'ємної конструкції, а також зварювання у складно доступних місцях;
- плазмове крапкове зварювання є безконтактним — відсутність деформацій, висока якість поверхні обробки;
- можливе крапкове зварювання кутових з'єднань зовні;

- можливе крапкове зварювання внутрішніх кутових таврових з'єднань;
- висока стабільність і відтворюваність крапок;
- можливість зварювання в імпульсному режимі, параметри імпульсів регулюються;
- можливість зварювання в ручному і автоматичному режимі.

Процеси плазмового і плазмово-крапкового зварювання можуть бути змодульовані і запрограмовані за допомогою стандартного пакету програм PCS.

Компанія SBI пропонує широкий вибір обладнання для плазмового і плазмово-крапкового зварювання серій PMI -280B-500, PMI -300-380AC/DC, PSW-280B, PSW-500, PABAC/DC.

Машини електродугового і плазмового стикового зварювання полосового прокату тип LB, AS, компанії IDEAL і машини типу Z-NRL, PPN,BSW фірми CEA використовуються для зварювання штрипсів різних типорозмірів з чорних і кольорових металів.

Розділ 3

РОБОТИЗАЦІЯ ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА

Важливим засобом інтенсифікації виробництва є застосування у виробництві промислових роботів (роботизація).

Промисловий робот — це технічний пристрій, призначений для виконання комплексу виробничих операцій в автоматичному режимі [7].

У виробництві застосовується велика кількість різновидів і типів роботів і робототехнічних комплексів від найпростіших до складних інтелектуальних роботів, здатних самостійно приймати рішення на основі отриманої інформації у складних виробничих умовах, адаптуватися до змін у навколишньому середовищі.

У роботах і робототехнічних комплексах знайшли застосування останні досягнення інформаційної техніки: пристрої і система сприйняття інформації, цифрові пристрої і мікропроцесори для перетворення і обробки інформації, приводи робочих органів з цифровим програмним керуванням, сучасні програмні засоби. Для масового виробництва характерним є те, що технологічні процеси здійснюються без участі людини.

Застосування роботів дає змогу звільнити людину від важкої одноманітної праці, від роботи у шкідливих для організму умовах, а також у недоступних для людини середовищах

Всю сукупність автоматичних пристроїв, створених людиною, можна поділити на такі чотири групи:

- пристрої автоматичного регулювання;
- пристрої і системи автоматичного управління;
- пристрої автоматичного контролю;
- пристрої автоматичного захисту.

Важливою ланкою будь-якого автоматизованого процесу є автоматичний контроль його параметрів. Це звільнює людину від спостереження за технологічним процесом. Пристрої автоматичного контролю виконують наступні функції:

- дають кількісну оцінку фізико-хімічних властивостей твердих, рідких і газоподібних тіл (тиск, температура, вологість і т.ін.);
- визначають геометричні розміри деталей в процесі обробки і після неї;
- оцінюють якість виконаних робіт;
- ведуть облік результатів виробництва.

При виході за межі допустимих норм параметрів, які контролюються пристроями автоматичного контролю, пристрої автоматичного контролю зразу сповіщають про це пристрої управління.

Серед систем автоматичного контролю виділяються системи автоматичної сигналізації, які сповіщають людину про хід технологічного процесу, про виникнення аварійних ситуацій.

Пристрої автоматичного захисту теж контролюють деякі параметри технологічного процесу, але при наблизенні аварійної ситуації вони не тільки сповіщають про це, а й припиняють технологічний процес [7].

Використання інформаційних та комп'ютерних технологій для автоматизації виробництва

Дане обладнання — яскравий представник Індустрії 4.0: швидкість, точність, універсальність, інтелектуальність і максимальний доступ — їхні основні характеристики, що дозволяють знайти рішення задач для будь-якої сфери застосування.

Вибір виробника і інтегратора роботизованої зварювальної системи є відповідальним і серйозним рішенням.

У нинішніх умовах новітні технології необхідні для того, щоб адаптувати виробництво і оптимізувати всі етапи зварювального процесу, виходячи з потреб теперішнього часу.

Роботизація зварювального виробництва дає можливість революційним чином змінити процес промислового виробництва, сприяє комплексному вирішенню завдань поліпшення якості і підвищення продуктивності, економії матеріальних, енергетичних і людських ресурсів на новому технологічному рівні. Воно налічує:

- поняття про системи керування автоматизованим обладнанням;
- числове програмне управління і його види;
- системи числового програмного управління;
- принципи будови та склад гнучких виробничих систем;

- визначення та принцип будови автоматизованих систем АСУ ТП та АТСС;
- автоматизована система управління підприємством АСУП;
- системи автоматичного проектування САПР;
- роботизація та автоматизація виробництва;
- охорона праці та техніка безпеки під час роботи на автоматизованому обладнанні;
- автоматичний контроль і автоматичний захист.

Жорстко вбудовані роботи — це автомати з двома або кількома ступенями рухомості маніпулятора. «Рука» такого робота жорстко пов'язана з технологічним устаткуванням.

Такі роботи застосовують під час виконання монотонних операцій або у шкідливих чи небезпечних для здоров'я людини умовах, а також під час масового виробництва однотипних деталей.

Програмовані роботи одноманітно повторюють рухи (команди), задані програмою, наприклад, штампування заготовок для надання їм визначеної форми.

Адаптивні роботи в ході виконання технологічної операції залежно від обставин можуть перепрограмовуватись (адаптовуватись) автоматично. Робот відбраковує деталь та візьме іншу, якщо до верстата надійшла заготовка, що має відхилення від розмірів.

Інтелектуальні роботи є найдосконалішими. Вони можуть аналізувати ситуації, приймати рішення, розв'язувати задачі, навчатися. Їх називають роботами зі штучним інтелектом. Вони дають змогу виготовляти продукцію високої якості, знижувати її собівартість, виконувати різні виробничі операції в недоступних місцях, самостійно аналізувати виробничі або технологічні операції та ухвалювати потрібні рішення. За такими роботами майбутнє.

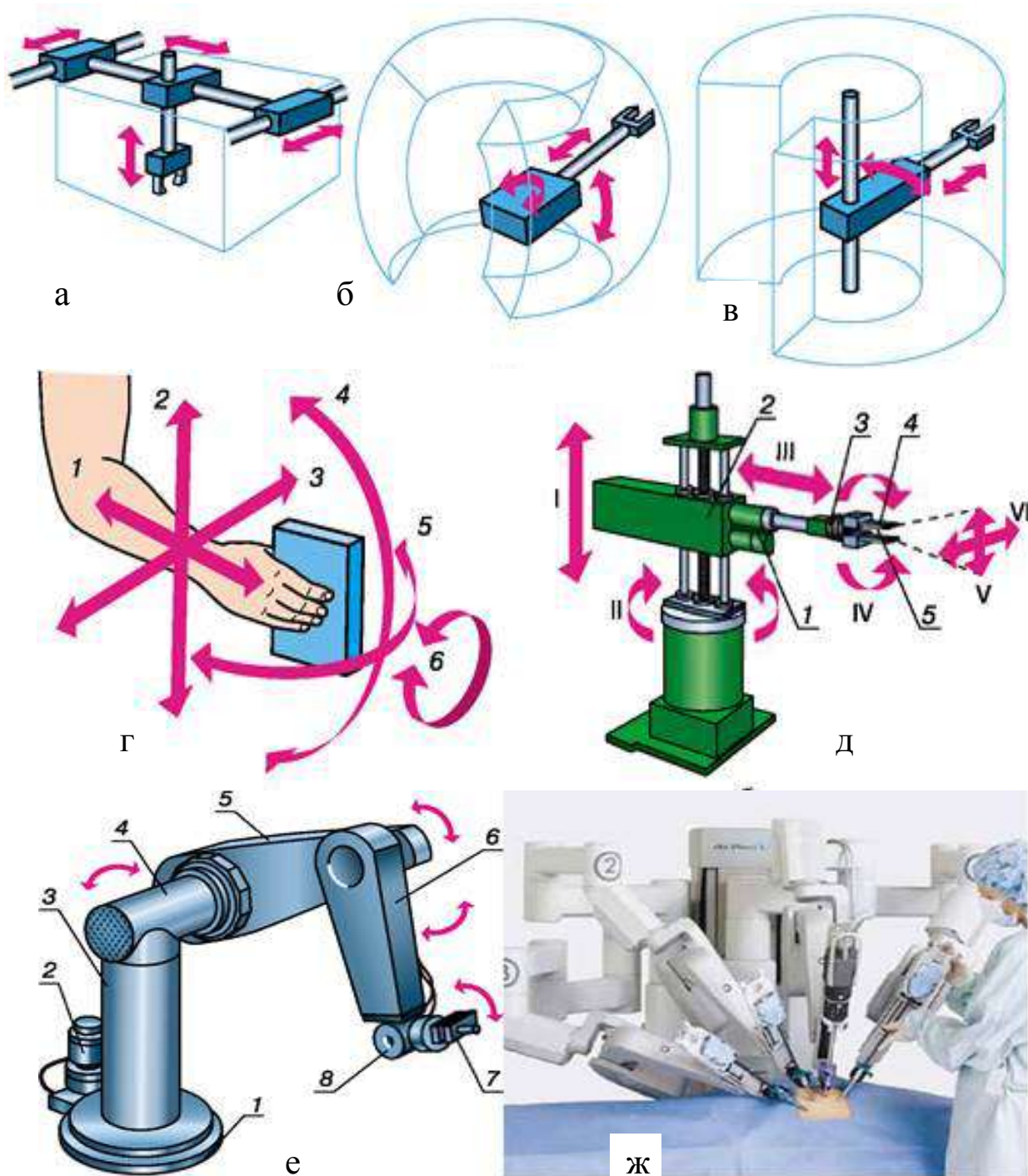


Рис. 3.1. Виконання роботами заданих програмою рухів і маніпуляцій

За рахунок впровадження елементів роботизації їх можна частково або повністю автоматизувати, а саме:

- Автоматизувати завантаження и обслуговування верстатів з ЧПУ;
- Постачати, переміщувати деталі на виробничих лініях;
- Роботизувати будь-які зварювальні операції і замінити 4 зварювальних поста на одного робота, зробити роботу зварювального цеху цілодобовою;
- Роботизувати нанесення герметика або автоматизувати будь-які фарбовочні процеси;
- Розкроювати, полірувати, шліфувати різні матеріали;
- Контролювати якість виробу, а також в автоматичному режимі проводити 3D сканування;
- Сортувати і спаковувати готові вироби;
- Палетувати, переміщувати вантажі, здійснювати вантажні роботи.

Автоматизація і роботизація виробничих процесів

На виробничих підприємствах машинобудування, автомобілебудування можна знайти не один десяток операцій, процесів, що не потребують спеціальних навичок програмування, не потребують обслуговування, не займають багато місця і є гнучкими і універсальними роботами.

Виконати ці задачі на високому рівні по силах виробничим і колаборативним роботам-маніпуляторам. За їх допомогою забезпечують автоматизацію виробництва і скорочують витрати на кожному етапі.

Для прикладу, установка одного колаборативного робота-маніпулятора при завантаженні двох токарних верстатів з ЧПУ, на металооброблюючому виробництві, дозволяє знизити фонд заробітної плати на 90 %. Економія також забезпечується тим, що роботів можна використовувати цілодобово, 365 днів на рік. Що, в свою чергу дозволяє збільшити прибуток підприємства на 2, 3, 4 мільйона на рік, тільки з однієї ділянки.

Основні відмінності колаборативних роботів від виробничих

Виробничі роботи забезпечують максимальну вантажепідйомність (до декількох тон), точність і швидкість.

Витікають основні переваги в порівнянні з роботами — висока продуктивність. Надшвидкі режими роботи і висока маса об'єктів, що переміщується в просторі цеху, створюють безпечну зону для працівників і потребують окремого боксу або спеціального загородження.

Колаборативних роботів досить просто встановити, підключити до виробничої лінії і запрограмувати на виконання необхідних задач.

Інші переваги:

- Можливість легкої переналадки і багатозадачність — колаборативного робота можна поставити на будь-яку ділянку виробництва і швидко міняти їм операцію, яка виконується.
- Робот не потребує багато місця і звичайно встановлюється на місце оператора верстата, при цьому один робот може обслуговувати декілька верстатів одночасно.
- Робот дозволяє обладнанню працювати цілодобово і виконувати замовлення, з суттєво меншою собівартістю. Робот не має недоліків, пов'язаних з хворобою або прогулами, перервами на перекур.
- Легкість обслуговування; роботи мають модульну систему і; у випадку пошкодження, заміна компонента здійснюється протягом 30 хвилин.
- Захист від потрапляння вологи підвищує їх надійність, знижує ризик поломки.

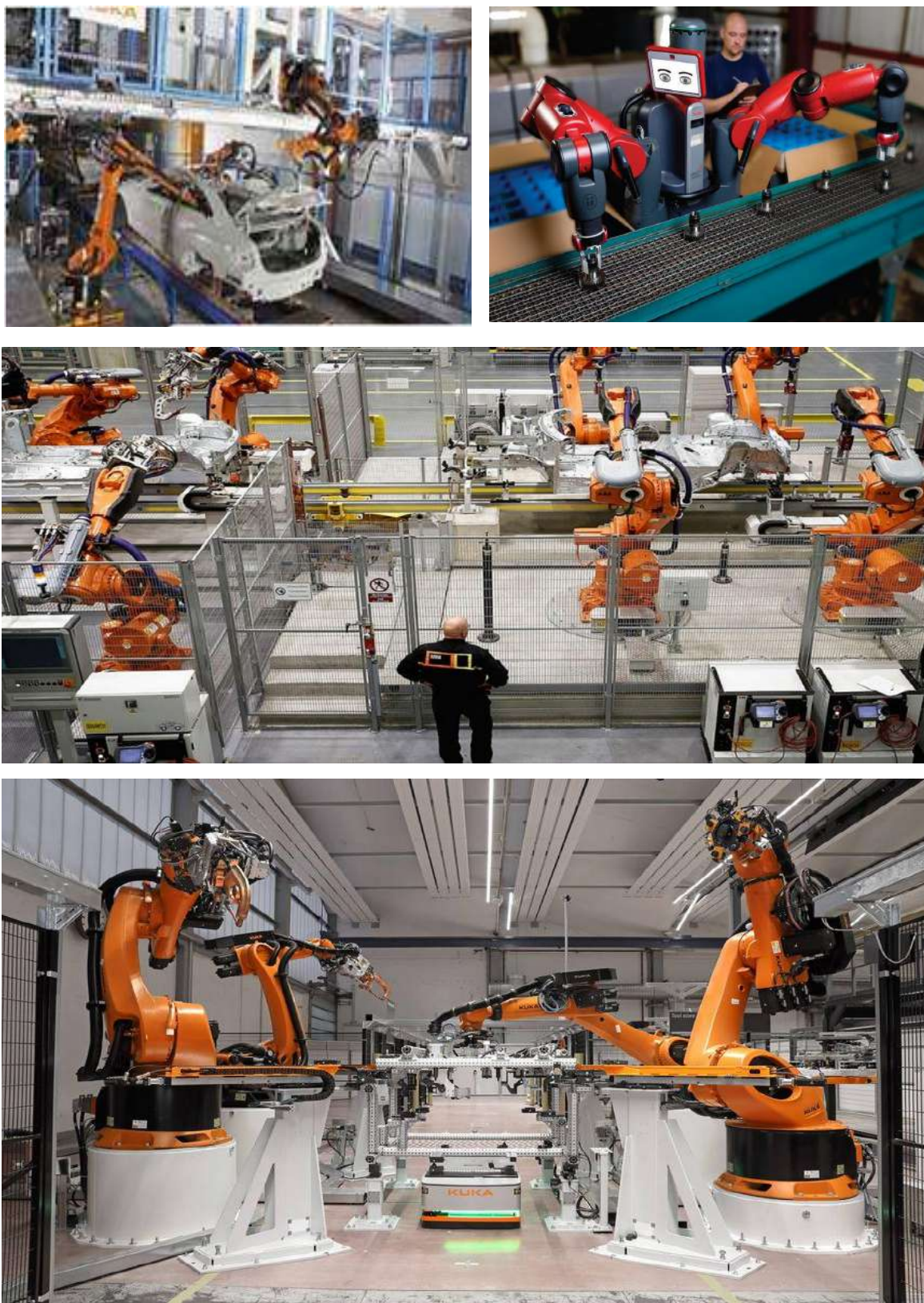


Рис. 3.2. Розташування зварювальних комплексів у виробництві

Впровадження роботів на підприємстві сприяє підвищенню продуктивності, зниженню витрат і скороченню кількості браку (рис. 3.2—3.4).

Найбільше перспектив в успішній автоматизації має обслуговування роботами верстатів з ЧПУ. Як правило, це типове рішення, яке не потребує доробки і модернізації верстата і може підключатися до будь-якого обладнання. Робот легко виконує розміщення заготовки в верстаті, вилучення готового виробу, заміну різального інструмента, продувкою і контролем якості.

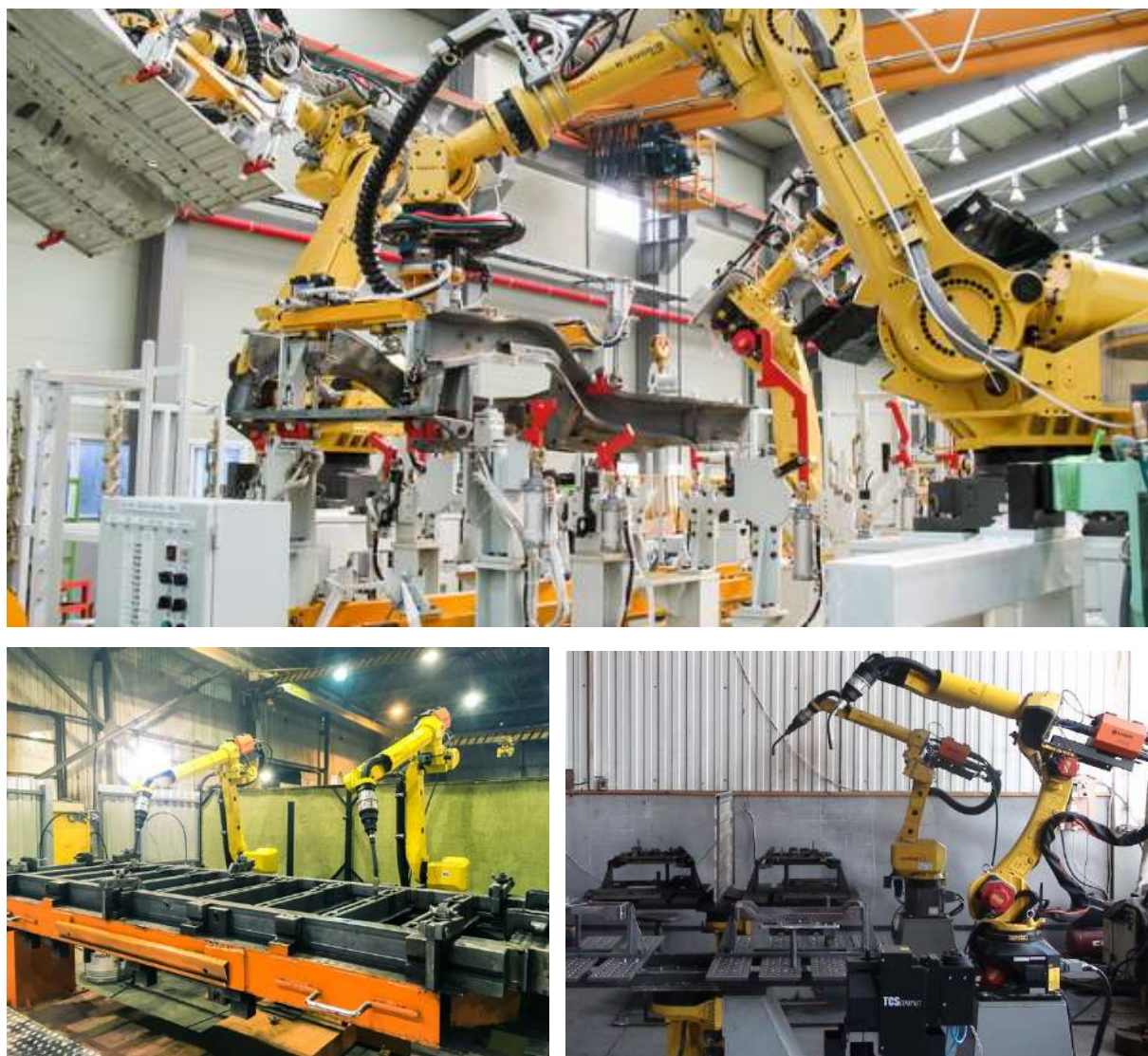


Рис. 3.2. Лінія роботів у технологічному ланцюгу

Такі рішення актуальні для верстатів, які виконують:

- Фрезерні верстати з ЧПУ
- Токарні верстати
- Згинальні верстати
- Ливарне виробництво під тиском і формовка
- Шліфувальне і полірувальне обладнання

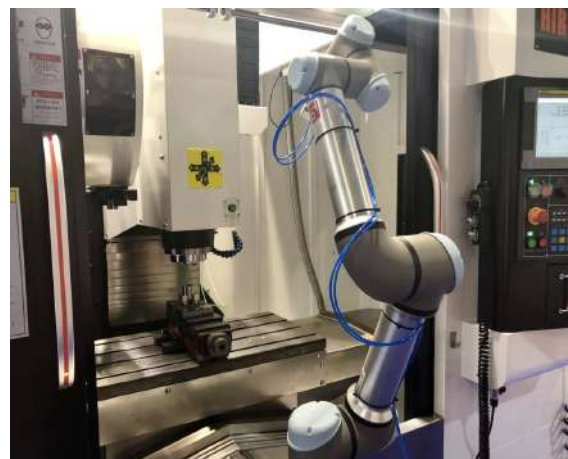


Рис. 3.3. Роботизовані системи і комплекси

Металооброблюючому заводу, що спеціалізується на контрактному виробництві широкої номенклатури виробів, по вирішенню задач завантаження і розвантаження токарного верстата DMG Mori, з метою підвищення продуктивності і з можливістю роботи в 3 зміни, при цьому обладнання повинно залишатися таким же гнучким і мати можливість змінювати номенклатуру через кожні 20—40 хвилин.

Промислові роботи

MOTOMAN Robotics Europe AB є дочерньою компанією корпорації YASKAWA Elektronik Японія, одним із провідних постачальників роботизованого обладнання і лідер в галузі реалізації систем для широкого спектра промислових напрямів:

- дугове, плазмове і контактне зварювання (рис. 3.4);
- газове різання, плазмовий і лазерний розкрій матеріалу (рис. 3.4—3.6);
- зняття облою, зачищення кромки, фрезерування, свердління і шліфування;
- транспортування матеріалів і деталей;
- обслуговування промислового обладнання;
- нанесення герметика, клею на поверхню виробів;
- встановлення виробів на палети, збирання і фарбування.

Виробничі роботи

Motoman Robotics Europe AB є дочерньою компанією YASKAWA Electric. На сьогодні Motoman Robotics Europe AB — найважливіший постачальник роботизованого (більше ніж 25000 роботів на рік) і лідер в галузі реалізації систем, що реалізуються «під ключ» для широкого спектру промислових додатків:

- дугове, плазмове і контактне зварювання;
- газове різання, плазмовий і лазерний покрій матеріалу;

- знімання облою, зачистка кромки, фрезерування, свердлення і шліфування;
- транспортування матеріалів і деталей;
- обслуговування промислового обладнання;
- нанесення герметика і клею на поверхню виробу;
- встановлення виробів на палети, збирання і фарбування.

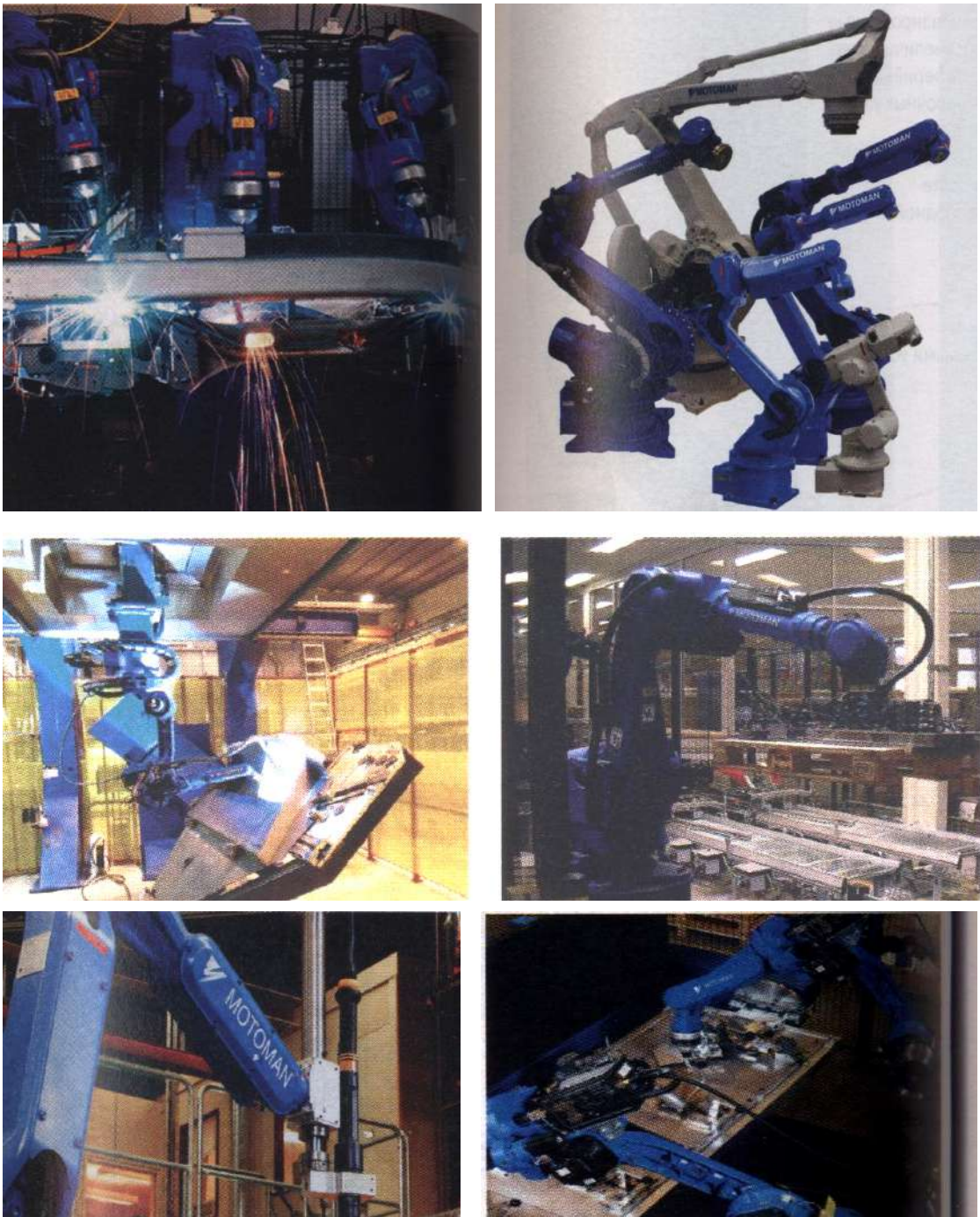
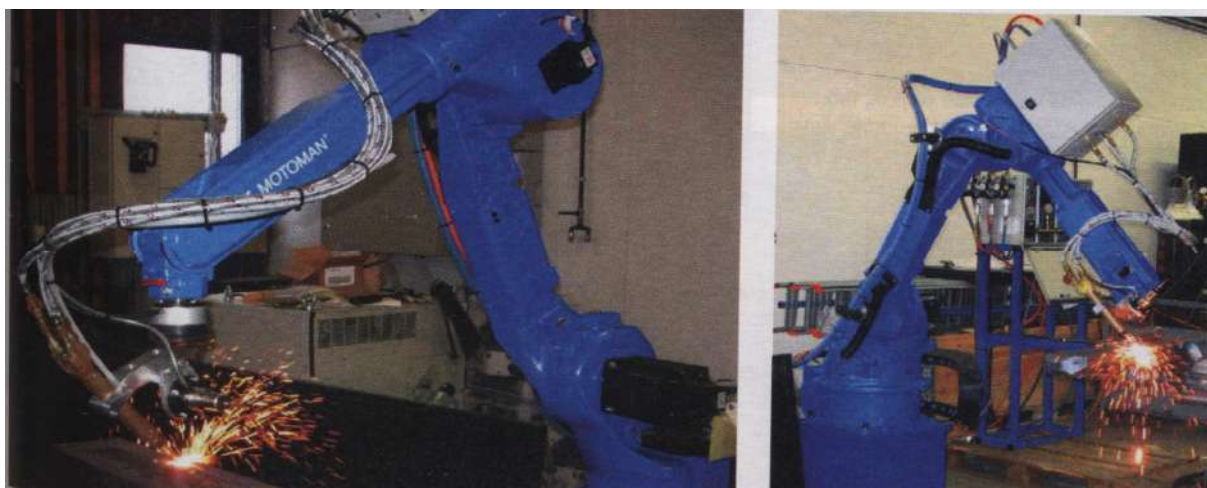


Рис. 3.4. Виробничі роботи Motoman Robotics Europe AB



Нанесення Hot Melt клею на об'ємну деталь



Роботи для газового розрізання

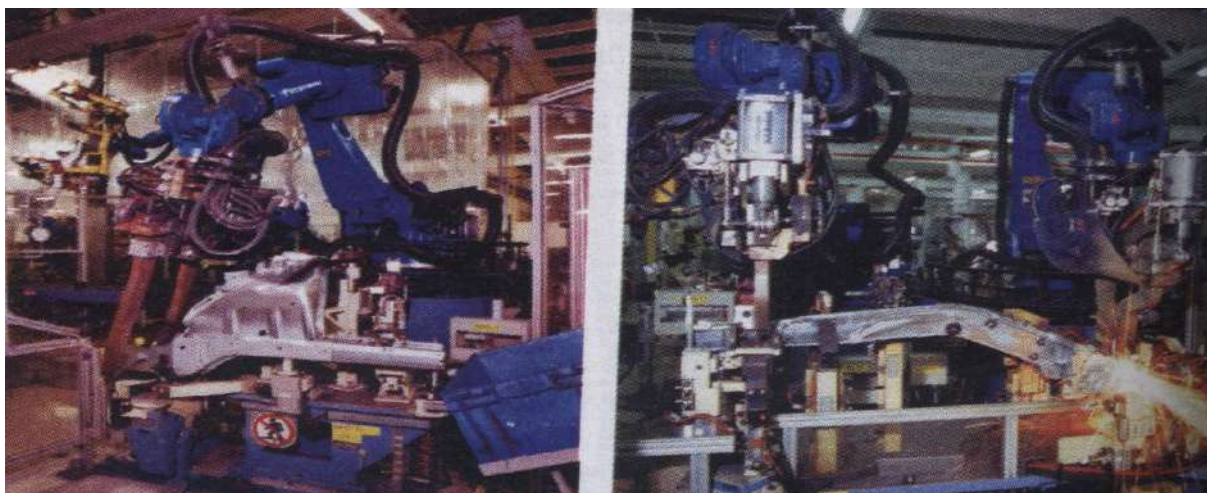


Рис. 3.5. Виробничі роботи Motoman Robotics Europe AB для зварювання



Рис. 3.6. Лінії для зварювальних комплексів

Система управління MOTOMAN–NX100 на основі РС може управляти системою з чотирьох роботів і зовнішних вісей з приладами входів/виходів (до 36 вісей).

Система управління роботами гарантує високу точність і чіткість рухів. Сенсорний пульт управління підтримується операційною системою Windows CE з сенсорним кольоровим дисплеєм (рис. 3.6).

Розділ 4

ЗМІЦНЕННЯ ПОВЕРХНЕВОГО ШАРУ

Довговічність і надійність роботи автомобілів, механізмів, агрегатів, техніки машинобудівного призначення залежить від багатьох факторів і основним з них є якість кожної окремої деталі. Як визначалося у багатьох інформаційних джерелах [8, 9], показники якості мають багатовекторний, комплексний склад — від матеріалу, хімічного складу, мікро- і макроструктури, технологій, режимів обробки, стану поверхневого шару і т.п. до фізико механічних властивостей.

У сучасному виробництві деталей машинобудівного комплексу необхідно враховувати неуклінне зростання навантажень (швидкість, температура, агресивне середовище) на механізми і деталі, що складають цільний продукт машинобудівного призначення.

У світовій практиці для реалізації сучасних вимог розроблено і використовуються безліч ефективних технологій, що дозволяють отримати новітні, більш ефективні матеріали і покриття.

Частково це вирішується шляхом легування матеріалів з одержанням запрограмованих властивостей матеріалів і покриттів, частково з використанням новітніх, комплексних, комбінованих технологій зміцнення, а також розробкою принципово нових конструкторських та інноваційних рішень.

Обмеженнями для використання тих або інших напрямів є собівартість реалізації, складність, громіздкість конструкторських і технологічних рішень. Тому, на практиці доволі часто для суттєвого підвищення фізико-механічних, трибологічних, температуростійких властивостей матеріалу і покриттів використовують технології по модифікації матеріалу.

При розвитку сучасних технологій обробки деталей з'явилася можливість керувати фізико-механічними властивостями і міцними характеристиками конструкційних матеріалів. Зміцнення поверхневого шару деталі здійснюється шляхом різних методів обробок, що передбачають утворення в поверхневому шарі міцних і надміцних структур.

Використовуючи новітні технології зміцнення сталей, є можливість збільшити мікротвердість робочих поверхневих шарів деталей в рази від 2,5 ГПа до 13 ГПа) на глибині 120-200 мкм. Зміцнення досягається шляхом використання висококонцентрованих джерел енергії, які спроможні модифікувати поверхневий шар деталі за рахунок щільності випромінювання, високих швидкостей нагріву і охолодження.

Внаслідок цих обробок утворюються надтверді фази, мікроструктури і сполуки. У загальному підході це визначається як технологічний аспект забезпечення надійності вузлів тертя за рахунок впливу на вихідну зносостійкість деталей при їх виготовленні.

Зміцнення середневуглецевих сталей забезпечується за рахунок наступних механізмів зміцнення: твердорозчинного, дислокаційного, дисперсного, зерногранічного і субструктурного, де основною структурою є ферит + перліт, а після зміцнення — мартенсит [10].

Компоненти механізму зміцнення для твердого розчину є легування фериту і легування мартенситу, для дислокаційного — дислокації в фериті ($\beta=10^7..10^8\text{ см}^{-2}$), дислокації в мартенситі ($\beta=10^{10}..10^{12}\text{ см}^{-2}$), для дисперсійного — перлітна складова

і дисперсійні карбонітриди, для зернограничного — розмір зерен і субзерен фериту та розмір мартенситних пакетів, двійників, субзерен.

Необхідні значення зміцнюючих характеристик забезпечуються підбором складу сталі, а також шляхом термічної, термо-механічної, хіміко-термічної та деформаційних обробок.

Для середневуглецевих ферито-перлітних сталей інтенсивність впливу різних факторів на властивості суттєво залежать від вмісту вуглецю або від кількості перліту в їх складі. У разі росту вмісту перлітної складової вона відіграє основну роль в змінненні міцності і пластичності. Із збільшенням вмісту вуглецю знижується значення ударної в'язкості сталі і збільшується температура в'язкокрихкого стану.

Морфологія перліту впливає на властивості сталі. Так, зменшення міжпластичної відстані в перліті погіршує ударну в'язкість сталі, але одночасне утонення цементитних пластин впливає протилежним чином — коли ці процеси взаємно урівноважуються, а сумарний вплив морфології перліту не виявляються. Якість сталей залежить від її хімічного складу, технології плавки, додаткової обробки і рідкому стану і умов плавлення.

Основними вимогами до механічних властивостей середневуглецевих сталей є вимоги до мети текучості, опору крихкому руйнуванню, порогу холодноламкості, опору втомленості, зносу і корозії.

Зміцнення середневуглецевих сталей забезпечується за рахунок наступних механізмів зміцнення: твердорозчинного, дислокаційного, дисперсного, зернограничного і субструктурного [9].

Необхідні значення зміцнюючих характеристик забезпечуються підбором складу сталі, а також шляхом термічної, термо-механічної, хіміко-термічної та деформаційних обробок.

У таблиці 4.1 наведені основні механізми зміцнення середневуглецевих сталей.

Таблиця 4.1. Основні механізми зміцнення вуглецевих сталей [10]

Механізм зміцнення	Твердий розчин	Дислокаційний	Дисперсійний	Зернограничний
Структура	Ферит + перліт Мартенсит	Ферит + перліт Мартенсит	Ферит + перліт Мартенсит	Ферит + перліт Мартенсит
Компоненти механізму зміцнення	Легування фериту Легування мартенситу	Дислокації в фериті $\beta=10^7..10^8 \text{ см}^{-2}$ Дислокації в мартенситі $\beta=10^{10}..10^{12} \text{ см}^{-2}$	Перлітна складова Дисперсійні карбонітриди	Розмір зерен і субзерен фериту Розмір мартенситних пакетів, двійників, субзерен

Якість сталей залежить від її хімічного складу, технології плавки, додаткової обробки у рідкому стані, умов плавлення. Основними вимогами до механічних властивостей середньвуглецевих сталей є вимоги до мети текучості, опору крихкому руйнуванню, порогу холодоламкості, опору втомленості, зносу і корозії. Діаграма конструктивної міцності сталей надана на рис. 3.1.

Для підвищення міцних властивостей сталей найчастіше використовують метод легування хромом, але хром сприяє крихкості. Додавання до сталі бору (0,002-0,005 %) збільшує прокаліваємість і підвищує поріг холодоламкості. Критеріями конструктивної міцності є характеристики міцності і критерії Ірвіна [10], що характеризують здібність матеріалу гальмувати розвиток тріщин і визначається наступним співвідношенням:

$$K_{IC} = \alpha \cdot \sigma_{cp} \sqrt{\pi \cdot l_{кр}}$$

де α – коефіцієнт, що враховує форму тріщини; σ_{cp} – середньорозрахункова напруга; $l_{кр}$ – критична довжина тріщини.

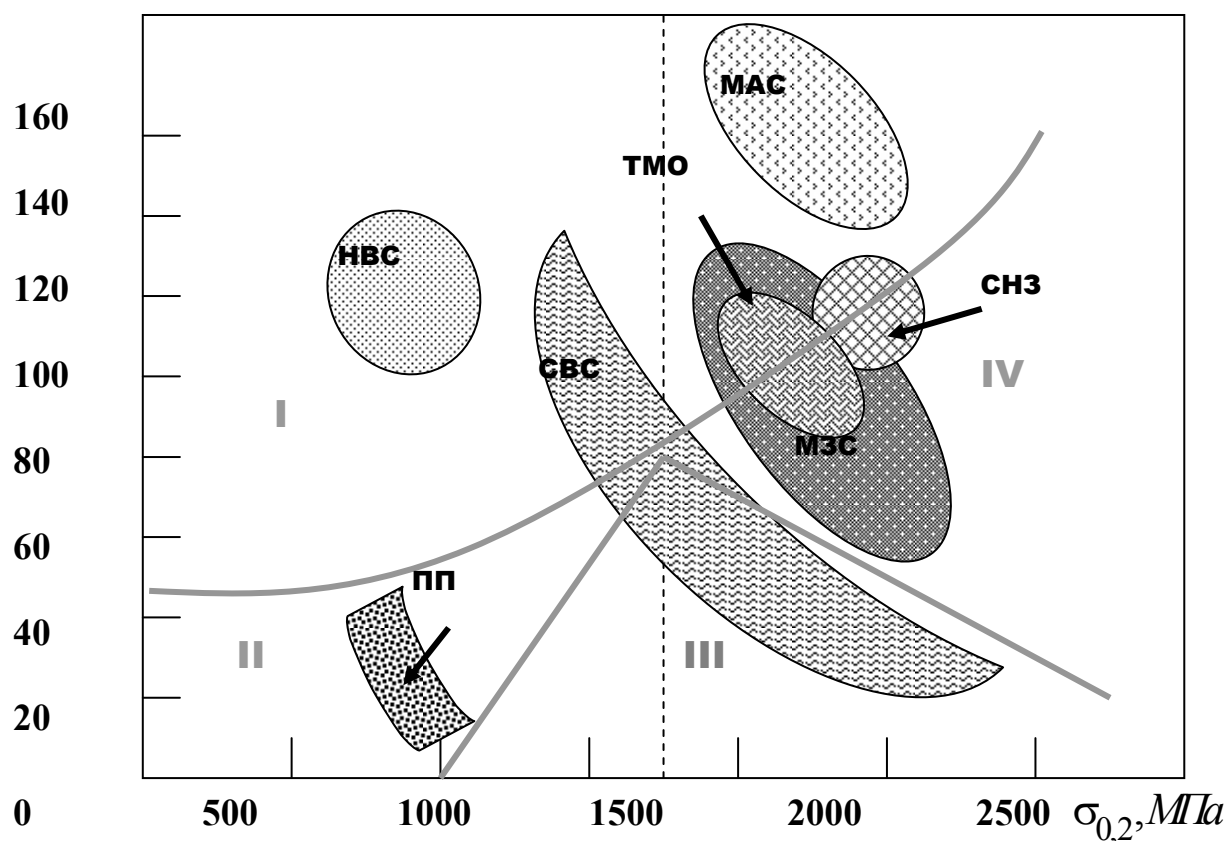
$K_{IC}, \text{МПа}\cdot\text{м}^{1/2}$


Рис. 4.1. Діаграма конструктивної міцності сталей: MAC – метастабільні аустенітні сталі; CH3 – сталі з наддрібним зерном; TMO – сталі після термообробки; M3C – мартенсито-зістарені сталі; CVC – середньовуглецеві сталі; HBC – низьковуглецеві сталі; PP – евтектоїдні сталі з пластинчастим перлітом; I – область в’язкого руйнування; II – область транскристалітного сколу; III – область інтеркристалітного сколу; IV – область квазісколу [10].

Шкідлива дія азоту проявляється в зниженні пластичності і в’язкості сталі внаслідок її старіння. Перехід азоту з розчину в нітриди або карбонітриди робить сталі невтомленими. Мікролегування бором (0,003 %) забезпечує подріблення структури, підвищення міцних властивостей сталей, які проходять термічну обробку.

Отримання сталей високої міцності приводить до зниження характеристик пластичності, в’язкості і опору крихкому руйнуванню.

Розгляд спрямованості змін у відповідності зі структурами доцільно проводити, спираючись на узагальнену діаграму конструктивної міцності сталей різних класів і способів їх зміцнення [10]. Діаграма показує відповідні зони руйнації, які розташовані на полі залежності критерію Ірвіна K_{IC} від поточних значень меж текучості $\sigma_{0,2}$. Пунктирною лінією на діаграмі позначено значення $\sigma_{0,2} = 1400 \text{ МПа}$, що є нижньою межею меж витривалості. Збіг високих значень $\sigma_{0,2}$ та K_{IC} досягається тільки при використанні термомеханічної обробки мартенсито-зістарених сталей (МЗС), або принципово нових (МАС — метастабільні аустенітні сталі, СМЗ — сталі з-над дрібним зерном) сталей.

Перспективним напрямом підвищення міцності і зносостійкості сталей є поєднання в них декількох структурних механізмів зміцнення за рахунок використання комбінованих методів обробки поверхневого шару металів (обробка поверхні струмами високої частоти [11], іонна імплантація [12], лазерна обробка [13]) та інші. Поглинання металами лазерного випромінювання призводить до миттєвого збільшення енергії вільних і пов'язаних електронів.

Енергія лазерного випромінювання трансформується в рух атомів, а збуджені електрони стикаються з атомами решітки (час релаксації – 10^{-12} с). Швидкий тепловий відвід в глибину металу сприяє утворенню в поверхневих шарах деталі особливих загартованих структур [14].

У результаті використання різних типів і способів обробки можна отримати різні варіанти і варіації мікроструктур з відповідними фізико-механічними властивостями. Але подальше використання типових технологій для зміцнення поверхневого шару обмежене певними особливостями будови кристалічної решітки матеріалу.

В останні часи набули поширене використання диференційовані або комбіновані обробки поверхневого шару деталей, що сприяють виникненню градієнтів структурно-фазового стану,

а, відповідно, і нерівномірної структури матеріалу. При необхідності суттєвого зміцнення поверхневого шару і твердості матеріалу необхідно попередньо проводити обробку для отримання відповідних структур (мартенситу, карбідів, нітридів, боридів та т.ін.), що забезпечує задані властивості. Задачею локальної обробки є отримання м'яких, пластичних структур (незміцненого фериту, аустеніту, сорбіту відпуску низьковуглецевого мартенситу) або навпаки — підвищення твердості поверхневого шару в окремих об'ємах [9].

Доволі повний обсяг досліджень по технології термічної обробки для середньовуглецевих сталей представлений у працях [15]. Так, гарячекатаний метал сталі 45 має деякі відмінності від литого і обробленого куванням, де спостерігається пластинчастий перліт і сітка фериту при твердості 217 НВ. Після сорбітизації (гарт з високим відпуском) спостерігається сорбіт (285 НВ). Після гарту з остидженням у воді мікроструктура сталі 45 трансформується у середньоголчастий мартенсит з мікротвердістю 600-630 НВ [16], а у гарячекатаному металі товщиною 15 мм після гарту у мастилі формується мікроструктура тростито-мартенситу (495НВ). Якщо до останнього зразка з циклом попередньої обробки додати відпуск, то трансформація мікроструктури приведе до утворення сорбіту (269НВ).

Після неповного гарту гарячекатаної сталі 45, після гарту з наступним у мастилі утворюється тростит і ферит (311-321НВ), а при гарті з охолодженням у воді утворюється тростито-мартенсит і ферит з твердістю 352НВ. При обробці поверхні високоенергетичними джерелами (СВЧ) на поверхні деталі утворюється білий шар безструктурного мартенситу з твердістю 524 НВ. В середині перетину деталі, в глибині від поверхні спостерігається сорбіт з твердістю 277-293НВ [16].

Гарячекатаний метал сталі 45 має деякі відмінності від литого і обробленого куванням, у мікроструктурі спостерігається пластинчастий перліт і сітка фериту при твердості 217 НВ. Після

сорбітизації (гарт з високим відпуском) спостерігається сорбіт (285 НВ). Після гарту з остиганням у воді мікроструктура сталі 45 трансформується у середньоголчастий мартенсит з мікротвердістю 600-630 НВ [17-18], а у гарячекатаному металі товщиною 15 мм після гарту у мастилі формується мікроструктура тростито-мартенситу (495НВ). Якщо до останнього зразка з циклом попередньої обробки додати відпуск, то трансформація мікроструктури приведе до утворення сорбіту (269НВ).

Так, після неповного гарту гарячекатаної сталі 45, після гарту з наступним у мастилі утворюється тростит і ферит (311-321НВ), а при гарті з охолодженням у воді утворюється тростито-мартенсит і ферит з твердістю 352НВ.

4.1. Прилад для індукційного нагріву

Індукційний нагрів є одним з найбільш швидких і екологічно чистих методів нагріву будь-яких струменевопроводних матеріалів і металів. Прилад для індукційного нагріву Італійської компанії SEIT ELETTRONICA використовується на наступних технологічних операціях: пайка, термообробка, плавлення металів. Відмінність і переваги індукційного нагріву полягають в наступному:

- висока продуктивність;
- відсутність обмежень по температурі нагрівання;
- локалізація нагріву;
- використання сучасної елементарної бази з повним мікропроцесорним керуванням дозволяє здійснювати безперебійний контроль основних вхідних параметрів;
- мінімізація змінення кристалевої ґратки з'єднаних металів, що неодмінно виникає при тривалому нагріві;
- КПД = 95 % для приладів з транзисторними схемами на базі польових транзисторів MOSFET і біполярних транзисторів IGBT

- використання з меншим споживанням потужності приладів при невеликих розмірах і мінімальними експлуатаційними витратами;
- уніфікація обладнання і можливість комплектування додатковими приладами.

Автоматичні і напівавтоматичні прилади для поверхневої обробки фірми Termotmaschine використовуються для:

- вертикальне гартування валів трансмісії;
- горизонтальне гартування передаточних штанг;
- загартовка штоків амортизаторів;
- загартовка напіввісей;
- загартовка муфт;
- загартовка деталей двигуна (клапанів);
- загартовка карданних валів;
- загартовка болтових головок;
- загартовка і відпуск ланцюгів;
- гаряча запресовка;
- зварювання-пайка інструменту і т.п.

Машини лазерного стикового зварювання LAS:

- дозволяють отримати зварювальний шов без посилення;
- гарантують отримати зварювальний шов, що витримує наступне розкочування або глибоку витяжку;
- забезпечують якісне з'єднання полос з високолегованих матеріалів, а також матеріалів з високим вмістом кремнію;
- дозволяють зварювати полоси з покриттями;
- здійснюють зварювання полос з різних матеріалів і різної товщини;

У машинах LAS реалізовано різання і зварювання лазером.

При різанні:

- забезпечується прямий кут кромки по всій товщині і ширині листа;
- відсутнє окиснення і гарт по всій товщині і ширині листа;

- забезпечується неодмінна якість різання для матеріалу будь-якої твердості (при міцності до 1600 Н/мм^2);
- відсутній знос, так як не має механічного контакту.

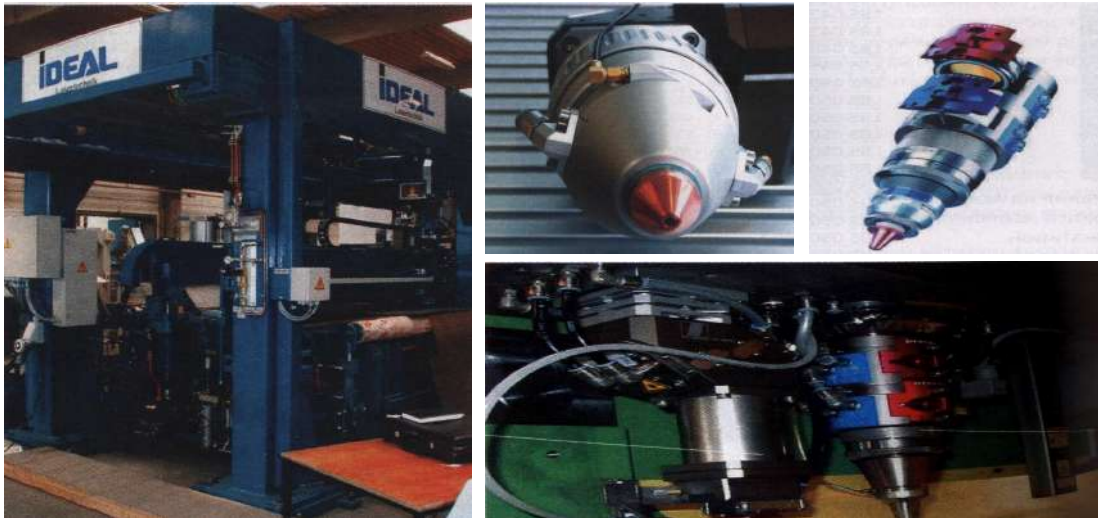


Рис. 4.2. Машини лазерного стикового зварювання LAS

Комплекс для гарту кінців напіввісей вантажних автомобілів. IGBT генератор 200 кВт з двома нагріваючими головками рис. 4.3.

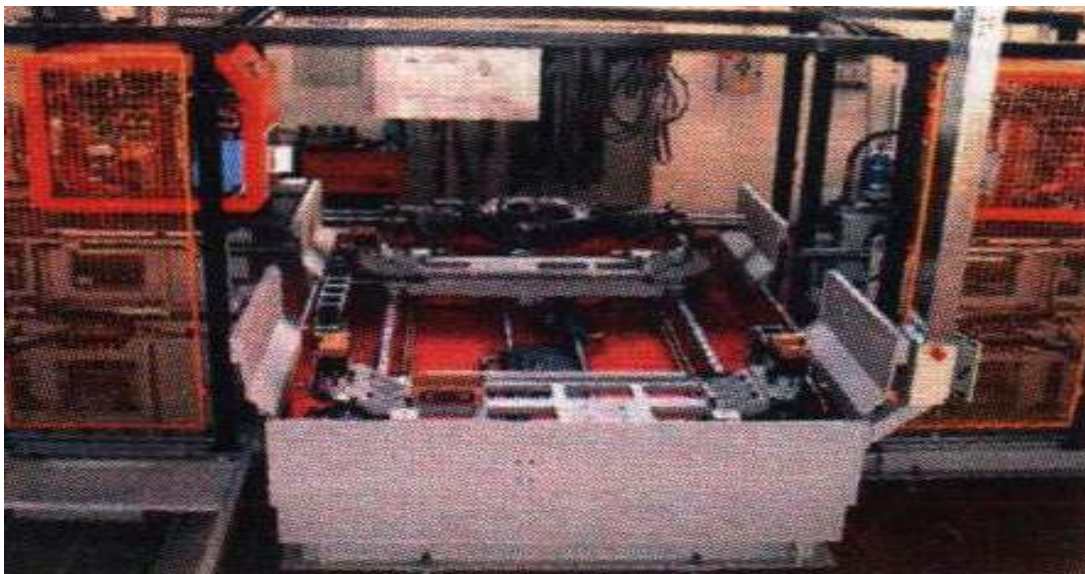


Рис. 4.3. Комплекс для гарту кінців напіввісей вантажних автомобілів

4.2. Спеціальне обладнання

Комплекс для запресування валу на ротор вакуумного насоса. Використовується локальне нагрівання ротора за допомогою *MOSFET* генератора і одночасне

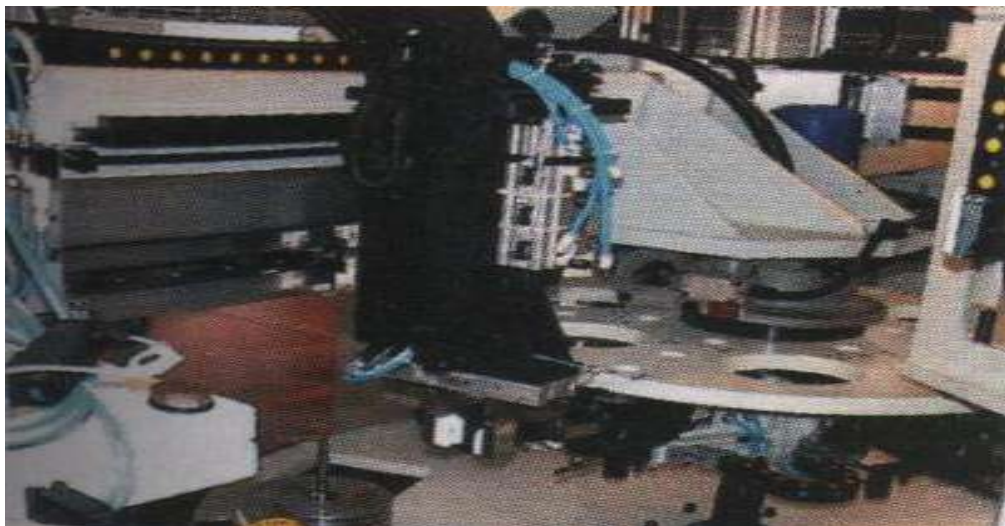


Рис. 4.4. Комплекс для запресування валу на ротор вакуумного насоса

Установка нагріву корпусу коробки диференціалу і наступного монтажу двох напіввісей заднього ведучого моста вантажного автомобіля

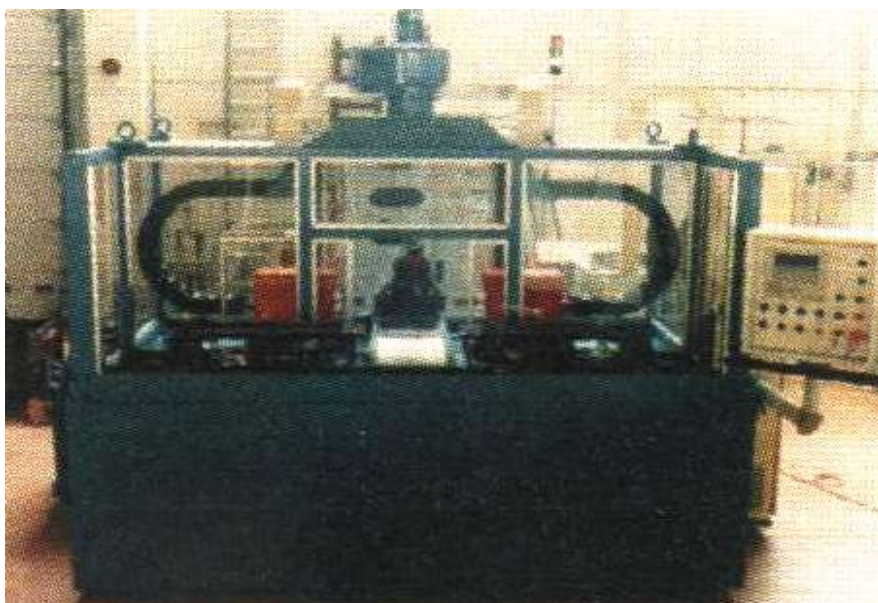


Рис. 4.5. Установка нагріву корпусу коробки диференціалу і наступного монтажу двох напіввісей заднього ведучого моста вантажного автомобіля

Обладнання для попереднього затвердження смоли на кузовній частині автомобіля.

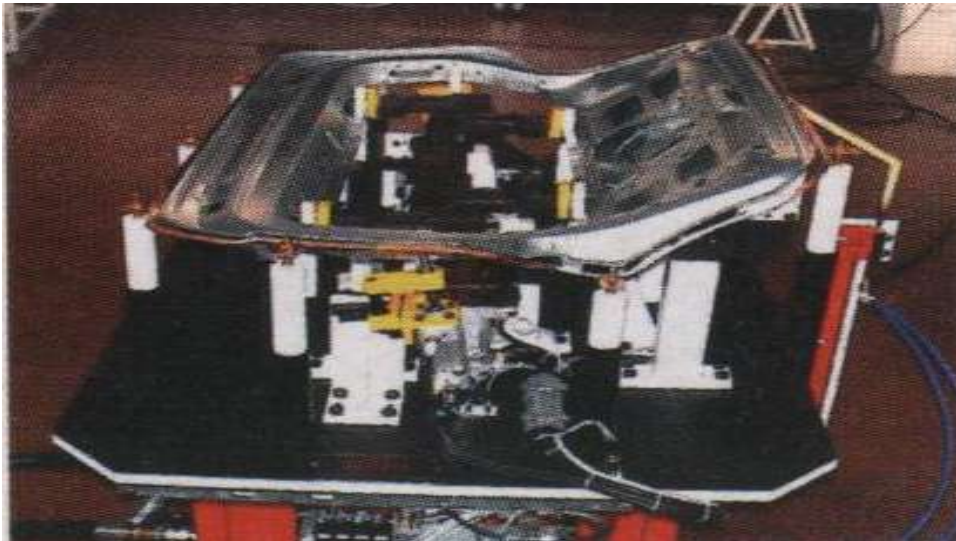


Рис. 4.6. Обладнання для попереднього затвердження смоли на кузовній частині автомобіля

Станція для нагрівання алюмінієвих корпусів для наступного збирання



Рис. 4.7. Станція для нагрівання алюмінієвих корпусів для наступного збирання

Автоматичний комплекс для гарту болтів гусениці. Автоматичний комплекс для гарту головок протиугінних болтів кріплення автомобільного колеса



Рис. 4.8. Автоматичний комплекс для гарту болтів гусениці. Автоматичний комплекс для гарту головок протиугінних болтів кріплення автомобільного колеса

Комплекс для гарту і відпуску втулок і комплекс для знімання внутрішніх напруг у вілок з'єднання карданного валу 100 кВт *IGBT* генератора.



Рис. 4.9. Комплекс для гарту і відпуску втулок і комплекс для знімання внутрішніх напруг у вілок з'єднання карданного валу 100 кВт *IGBT* генератора

Обладнання для гарту зануренням епіціклоїдальних шестерен, комплекс для гарту вижимних дисків зчеплення.



Рис. 4.10. Обладнання для гарту зануренням епіціклоїдальних шестерен, комплекс для гарту вижимних дисків зчеплення

Обладнання для гарту деталей коробки передач *MOSFET* генератора 50 кВт. Автоматичний комплекс для одночасного гарту деталей на базі *MOSFET* генератора



Рис. 4.11. Обладнання для гарту деталей коробки передач *MOSFET* генератора 50 кВт. Автоматичний комплекс для одночасного гарту деталей на базі *MOSFET* генератора

Автоматичний комплекс для гарту професійного інструменту. Частина деталі попередньо оброблюється в індукторі. Комплекс для гарту і віджигу венца шестерні коробки передач і її наступною гарячою запресовкою на маховик.

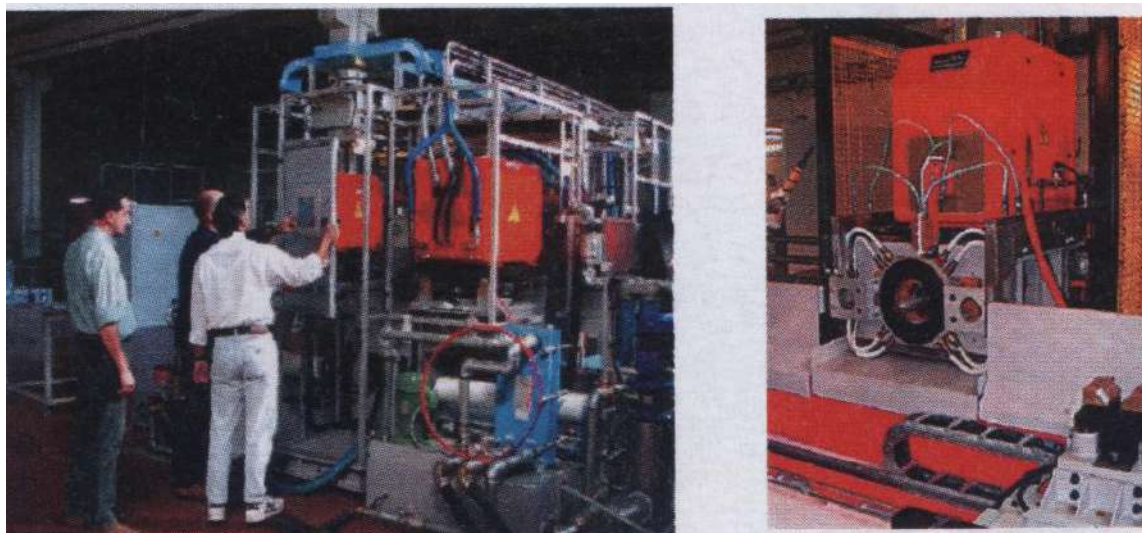


Рис. 4.12. Автоматичний комплекс для гарту професійного інструменту. Частина деталі, індуктор, що термічно оброблюється

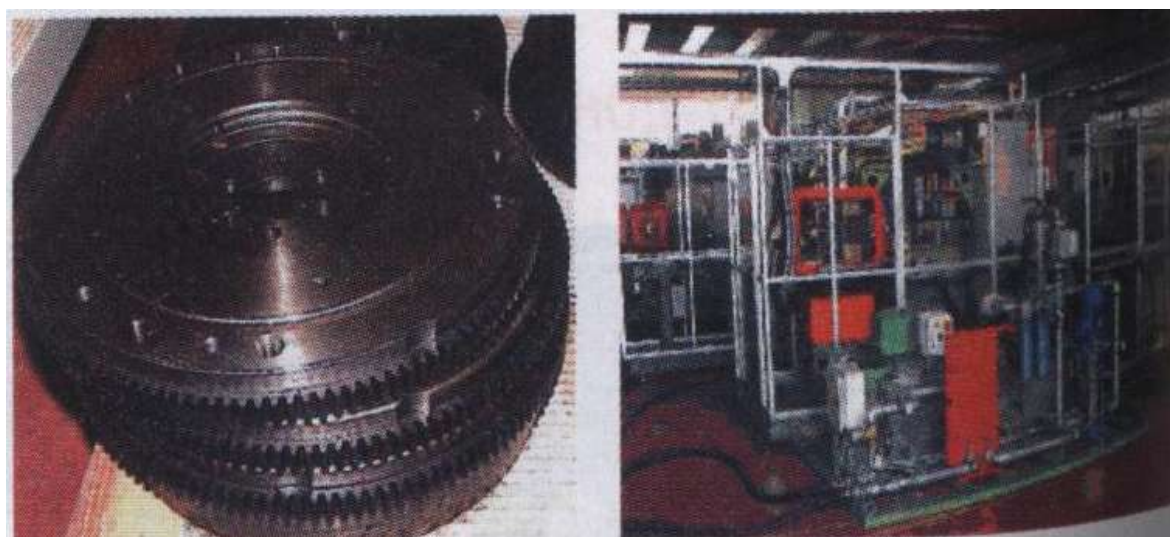


Рис. 4.13. Комплекс для гарту і віджигу венца шестерні коробки передач і її наступною гарячою запресовкою на маховик

4.3. Взаємозв'язок конструкції виробів з технологічними процесами їх виробництва

Конструкції виробів автомобільного комплексу і їх елементів суттєво впливають на технологію виробництва, продуктивність праці, можливість використання механізації та автоматизації виробничих процесів. Але не кожна конструктивна форма виробу дає можливість забезпечити виконання поставлених задач.

Тому з безперервним удосконаленням і розвитком технологічних методів виробництва виникають умови для створення більш високого, досконалого, модернізованого класу конструкцій. В світовій практиці розвитку технологій машинобудування передові світові виробники створюють спеціальні групи висококваліфікованих фахівців (конструкторів, технологів, програмістів), співпраця яких забезпечує удосконалення технологічних процесів, конструктивних форм виробів і неухильний розвиток машинобудівної галузі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. І. Г. Міренський /Основи технології виробництва/ Навчальний посібник. Харків. Тимченко А.М. 2008.- 256с.
2. ТЕХНОЛОГІЇ ЕФЕКТИВНОГО ВИРОБНИЦТВА «Вебер Комеханік Україна» /PRAKTIKA industrial tools. 2008. WWW.PRAKTIC – UA.COM.UA/
3. О. Г. Чернета, О. М. Коробочка, О. О. Сасов / Основи технологічного виробництва деталей автомобілів / Навчальний посібник – Кам'янське: ДДТУ, 2018. – 196 с.
4. Серeda Б. П. Обробка металів тиском. Запоріжжя. ЗДІА, 2005. – 250 с.
5. Серeda Б. П. Технологія ковальсько-штампувального виробництва. – Запоріжжя: Видавництво Запорізької державної інженерної академії, 2009. – 258 с.
6. Серeda Б. П. Прокатне виробництво. Навчальний посібник. – Запоріжжя: Видавництво Запорізької державної інженерної академії, 2008. – 312 с.
7. Серeda Б. П. Обробка металів тиском. *Навчальний посібник*. – Запоріжжя: Видавництво Запорізької державної академії, 2009. – 343 с.
8. <https://joiner.org.ua/informatsiini-tekhnolohii/vykorystannia-informatsiinykh-ta-komp-iuternykh-tekhnolohii-dlia-avtomatyzatsii-vyrobnytstva/avtomatychnyi-kontrol-i-avtomatychnyi-zakhyst.html>
9. Серeda Б. П. Поверхневе зміцнення матеріалів: Монографія / Серeda Б. П., Калініна Н. Є., Кругляк І. В. – Запоріжжя: РВВ ЗДІА, – 2004. – 230 с.
10. O. Cherneta, V. Kubich, R. Voloshchuk, A. Sasov, Yu. Korzhavin. Conditions for the Formation of Wear-Resistant Structures When Strengthening the Surface Layers of Parts International Journal of Engineering & Technology, (UAE), 7 (4.3) (2018) P. 76-80 <http://orcid.org/0000-0002-3871-6923>.

11. А. Г. Суслов, Ю. В. Гуляев, А. М. Дальский и др. Якість машин / //Довідник. Т2 М. Машинобудування. 1995 – С.430.
12. Dmitriyev S., Kudrin A., Labunets A., Kindrachuk M. “Functional coatings application for the strengthening and restoration of aviation products” AVIATION. Vol. IX, No. 4 2005. pp. 39-45.
13. Kindrachuk M., Shevchenko A., Kryzhanovsky A. “Improvement of the quality of Ti-CO system by plasma coating by laser treatment”. AVIATION. Vol. 20 (4), 2016. pp. 155-159.
14. Спосіб комбінованої модифікації поверхні деталі. Патент України на корисну модель №151554, 10.08.2022р., Бюл. № 32. Чернета О. Г., Авер'янов В. С., Сасов О. О., Середа Б. П., Лисенко О. Б.
15. Девойно О. Г., Кардаполова М. А. Отримання зносостійких композиційних порошкових покриттів оплавленням модифікуючих обмазок лазерним променем //Прогресивні технології і системи машинобудування. - Донецьк: ДонГТУ.- 2001,
16. Л. С. Малінов. Диференційні обробки сплавів для підвищення їх властивостей – перспективний напрям в матеріалознавстві. /Нові матеріали і технології в металургії і машинобудуванні.// Науковий журнал 2 2012 Запоріжжя, ЗНТУ -51-56с.
17. О. Г. Чернета, В. І. Сухомлін, О. М. Коробочка / Дослідження мікроструктури зношених деталей автомобілів із сталі 45 при відновленні і багатократній термічній обробці. //Перспективні технології та прилади. м. Луцьк червень 2017 р. –ЛНТУ, – Вип.10(1) – 2017. С.212-217.
18. О. Г. Чернета, В. І. Сухомлін, Р. Г. Волощук, Б. П. Середа /Дослідження мікроструктури зношених деталей автомобілів із сталі 45 при відновленні і багатократній термічній обробці. // Перспективні технології та прилади. м. Луцьк / червень 2017 р. – ЛНТУ, – Вип.10(1) – 2017. С.212-217.

Навчальне видання

ЧЕРНЕТА Олег Георгійович

СЕРЕДА Борис Петрович

КУБІЧ Вадим Іванович

ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ТА РЕМОНТУ АВТОМОБІЛІВ

Навчальний посібник

**Підписано до друку 22.11.2023. Формат 60×84 1/16
Папір друк. Друк — різнограф. Ум.-друк. арк. 9,47
Тираж — 300. Зам. № 52/23**

**Видавець і виготовлювач
Дніпровський державний технічний університет
51918, м. Кам'янське, вул. Дніпробудівська, 2**

**Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до державного реєстру видавців серія ДК № 5399
від 26.07.2017 р.**