

**Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя  
Кафедра технології машинобудування**

**М. І. Пилипець, Л. М. Данильченко, І. Г. Ткаченко, Х. Т. Радик**

**Методичний посібник  
з дисципліни**

## **ВСТУП ДО ФАХУ**

**для студентів освітнього рівня «бакалавр» усіх форм навчання  
за спеціальністю 131 «Прикладна механіка»  
галузі знань 13 «Механічна інженерія»**

**Тернопіль  
2018**

УДК 621/01(07)  
М54

Укладачі:

*Пилипець М. І.*, докт. техн. наук, професор,  
*Данильченко Л. М.*, канд. техн. наук, доцент,  
*Ткаченко І. Г.*, канд. техн. наук, доцент,  
*Радик Х. Т.*, викладач-методист.

Рецензенти:

*Луців І. В.*, докт. техн. наук, професор.

Методичний посібник розглянуто й затверджено на засіданні  
кафедри технології машинобудування  
Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.  
Протокол № 3 від 29 березня 2018 р.

Схвалено та рекомендовано до друку на засіданні методичної ради  
факультету інженерії машин, споруд та технологій  
Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.  
Протокол № 7 від 23 квітня 2018 р.

Методичний посібник з дисципліни «Вступ до фаху» для студентів  
М54 освітнього рівня «бакалавр» усіх форм навчання за спеціальністю 131  
«Прикладна механіка» галузь знань 13 «Механічна інженерія» /  
Укладачі : Пилипець М.І., Данильченко Л.М., Ткаченко І.Г., Радик Х.Т.  
– Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені  
Івана Пулюя, 2018. – 152 с.

УДК 621.01(07)

© Пилипець М.І., Данильченко Л.М.,  
Ткаченко І.Г., Радик Х.Т. , ..... 2018  
© Тернопільський національний технічний  
університет імені Івана Пулюя, ..... 2018

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	5
<b>1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА НАВЧАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ У ТЕХНІЧНОМУ ЗАКЛАДІ ВИЩОЇ ОСВІТИ</b> .....	6
1.1. Рівні та ступені вищої освіти в Україні .....	6
1.2. Навчальний план підготовки фахівців за спеціальністю «Прикладна механіка» .....	7
1.3. Творче оволодіння знаннями .....	11
1.4. Історія та сьогодення кафебри технології машинобудування .....	13
<b>2. ОСОБЛИВОСТІ ПРОФЕСІЇ ІНЖЕНЕРА-ТЕХНОЛОГА СУЧАСНОГО МАШИНОБУДІВНОГО ВИРОБНИЦТВА</b> .....	16
2.1. Нормативно-правова база підготовки фахівців .....	16
2.2. Сфери професійної діяльності .....	16
2.3. Об'єкти професійної діяльності інженера-технолога .....	17
2.4. Види професійної діяльності .....	17
2.5. Задачі професійної діяльності .....	17
2.6. Кваліфікаційні вимоги до інженера-технолога виробничої ділянки .....	19
<b>3. МАШИНОБУДУВАННЯ - ДВИГУН ПРОГРЕСУ</b> .....	21
3.1. Короткий нарис розвитку машинобудування .....	21
3.2. Загальна характеристика машинобудівної галузі промисловості ...	26
3.2.1. Важке машинобудування .....	28
3.2.2. Середнє машинобудування .....	29
3.3. Розвиток науки в галузі машинобудування .....	30
3.4. Шляхи сучасного розвитку техніки і технології машинобудування ..	33
3.5. Основні поняття в машинобудуванні .....	34
3.6. Загальні відомості про проектування, конструювання і технологію .....	38
<b>4. СПОСОБИ ВИРОБНИЦТВА ЗАГОТОВОК ДЕТАЛЕЙ МАШИН</b> .....	42
4.1. Одержання литих заготовок .....	42
4.2. Одержання заготовок обробленим тиском .....	47
4.3. Виробництво заготовок із порошкових матеріалів .....	51
4.4. Одержання заготовок із прокату .....	52
<b>5. НОРМУВАННЯ ТОЧНОСТІ В МАШИНОБУДУВАННІ</b> .....	55
5.1. Граничні відхилення та допуски розміру .....	55
5.2. Посадки та ступені точності .....	55
5.3. Точність форми поверхні .....	58

5.4. Точність розташування поверхонь .....	58
5.5. Шорсткість поверхонь .....	58
5.6. Вимірювання та засоби для вимірювання .....	60
<b>6. ОБРОБЛЕННЯ МАТЕРІАЛІВ РІЗАННЯМ ТА РІЗАЛЬНІ ІНСТРУМЕНТИ .....</b>	<b>66</b>
6.1. Загальні відомості про різання .....	66
6.2. Інструментальні матеріали .....	68
6.3. Металорізальний інструмент .....	70
6.4. Токарне оброблення .....	80
6.5. Фрезерне оброблення .....	83
6.6. Оброблення на свердлильних верстатах .....	86
6.7. Оброблення на розточувальних верстатах .....	88
6.8. Оброблення на протяжних верстатах .....	89
6.9. Оброблення на стругальних верстатах .....	90
6.10. Шліфування і полірування .....	91
6.11. Оброблення на верстатах з числовим програмним керуванням ....	93
6.12. Поверхневе оброблення металів .....	95
6.13. Слюсарні роботи .....	97
6.14. Зварювання .....	98
<b>7. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ .....</b>	<b>102</b>
7.1. Завдання в галузі безпеки життєдіяльності .....	102
7.2. Вимоги безпеки до виробничого обладнання .....	102
7.3. Пожежна безпека .....	103
7.4. Електробезпека .....	103
7.5. Актуальні проблеми охорони навколишнього середовища .....	104
<b>8. НАПРЯМКИ УДОСКОНАЛЕННЯ МАШИНОБУДІВНОЇ ГАЛУЗІ .....</b>	<b>105</b>
8.1. Механізація і автоматизація виробничих процесів в машинобудуванні .....	105
8.2. Використання роботів на промислових підприємствах .....	106
8.3. Заводи та цехи машинобудівної промисловості .....	108
8.4. Інформаційні технології в машинобудуванні .....	110
8.5. Інтенсифікація машинобудівного комплексу промисловості .....	113
<b>РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА.....</b>	<b>115</b>
<b>ТЕРМІНОЛОГІЧНИЙ СЛОВНИК.....</b>	<b>116</b>
<b>ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ .....</b>	<b>131</b>

## ВСТУП

Машинобудування завжди було і залишається провідною серед інших галузей промисловості. Це пояснюється тим, що всі процеси в матеріальному виробництві, на транспорті, будівництві, в сільськогосподарському виробництві пов'язані з використанням машин. Конструкції машин безперервно вдосконалюються згідно з вимогами експлуатації та виробництва, а також на основі можливостей, що виявляються з розвитком науково-технічних досліджень, появою нових матеріалів і способів надання їм потрібних форм та властивостей.

Функціонування та подальший розвиток машинобудування значною мірою забезпечують інженери-механіки, які працюють у різних підрозділах машинобудівних підприємств, здійснюють експлуатацію обладнання, інструменту, систем керування, займаються розробленнями нової техніки й більш досконалих технологій

Створення та експлуатація продукції машинобудівної промисловості, які б відповідали сучасним вимогам, пов'язане з потребою підготовки висококваліфікованих інженерних кадрів, здатних розв'язувати задачі розрахунків, конструювання, виробництва та експлуатації машин. Така підготовка ведеться на базі викладання студентам фундаментальних загальноосвітніх, загальноінженерних та спеціальних дисциплін.

Дисципліна «Вступ до фаху» є першою дисципліною, яка безпосередньо пов'язана з майбутнім фахом, і орієнтована на здобувачів вищої освіти за спеціальністю 131 – «Прикладна механіка» та призначена для їх попереднього ознайомлення з основами майбутньої спеціальності. До числа основних задач курсу відноситься ознайомлення студентів із загальними характеристиками машинобудівної галузі промисловості, основними напрямками інженерної діяльності, а також з особливостями навчального процесу у вищому технічному навчальному закладі.

Цей посібник розроблено відповідно до діючих типових програм та навчальних планів. Представлений матеріал відповідає загальним тенденціям викладання дисципліни, які склалися на кафедрі технології машинобудування на протязі багатьох років.

# 1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА НАВЧАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ У ТЕХНІЧНОМУ ЗАКЛАДІ ВИЩОЇ ОСВІТИ

## 1.1. Рівні та ступені вищої освіти в Україні

Згідно Закону України Про вищу освіту підготовка фахівців з вищою освітою здійснюється за відповідними освітніми чи науковими програмами на таких рівнях вищої освіти:

- початковий рівень (короткий цикл) вищої освіти;
- перший (бакалаврський) рівень;
- другий (магістерський) рівень;
- третій (освітньо-науковий/освітньо-творчий) рівень;
- науковий рівень.

Здобуття вищої освіти на кожному рівні вищої освіти передбачає успішне виконання особою відповідної освітньої або наукової програми, що є підставою для присудження відповідного ступеня вищої освіти:

- молодший бакалавр;
- бакалавр;
- магістр;
- доктор філософії/доктор мистецтва;

**Молодший бакалавр** – це освітньо-професійний ступінь, що здобувається на початковому рівні (короткому циклі) вищої освіти і присуджується закладом вищої освіти у результаті успішного виконання здобувачем вищої освіти освітньо-професійної програми, обсяг якої становить 120-150 кредитів ЄКТС. Обсяг освітньо-професійної програми для здобуття ступеня молодшого бакалавра на основі ступеня молодшого спеціаліста визначається закладом освіти. Особа має право здобувати ступінь молодшого бакалавра за умови наявності в неї повної загальної середньої освіти.

**Бакалавр** – це освітній ступінь, що здобувається на першому рівні вищої освіти та присуджується закладом вищої освіти у результаті успішного виконання здобувачем вищої освіти освітньо-професійної програми, обсяг якої становить 180-240 кредитів ЄКТС. Обсяг освітньо-професійної програми для здобуття ступеня бакалавра на основі ступеня молодшого бакалавра або молодшого спеціаліста визначається закладом вищої освіти. Особа має право здобувати ступінь бакалавра за умови наявності в неї повної загальної середньої освіти.

**Магістр** – це освітній ступінь, що здобувається на другому рівні вищої освіти та присуджується закладом вищої освіти (науковою установою) у результаті успішного виконання здобувачем вищої освіти відповідної освітньої програми. Ступінь магістра здобувається за освітньо-професійною або за освітньо-науковою програмою. Обсяг освітньо-професійної програми підготовки магістра становить 90-120 кредитів ЄКТС, обсяг освітньо-наукової програми – 120 кредитів ЄКТС. Освітньо-наукова програма магістра обов'язково включає дослідницьку (наукову) компоненту обсягом не менше 30 відсотків. Особа має право здобувати ступінь магістра за умови наявності в неї ступеня бакалавра.

## **1.2. Навчальний план підготовки фахівців за спеціальністю «Прикладна механіка»**

Здобуття професії інженера передбачає оволодіння комплексом знань та практичних навиків, необхідних для проектування, виготовлення, експлуатації та ремонту машин і механізмів, управління виробництвом, забезпечення безпечних умов праці, або, іншими словами, здобуття політехнічної освіти.

Під технічною освітою розуміють таку освіту, яка надає студентам теоретичні інженерні знання, практичні навички і уміння, готуючи тим самим до продуктивної праці, а також формує світогляд, сприяє всебічному та гармонійному розвитку особистості. Завдання закладу вищої освіти полягає у тому, щоб надати студентам систему наукових знань про галузі промислового виробництва, пов'язані з конкретним фахом, а також навчити основам робітничих професій, допомогти оволодіти виробничими навичками.

Заклад вищої освіти на підставі відповідної освітньої програми за кожною спеціальністю розробляє навчальний план, який визначає перелік та обсяг навчальних дисциплін у кредитах ЄКТС, послідовність вивчення дисциплін, форми проведення навчальних занять та їх обсяг, графік навчального процесу, форми поточного і підсумкового контролю. Навчальний план включає дисципліни загальної та професійної підготовки.

На основі навчального плану у визначеному закладом вищої освіти порядку розробляються та затверджуються індивідуальні навчальні плани студентів, що мають містити, у тому числі, обрані здобувачами вищої освіти навчальні дисципліни.

Лекція – основний вид навчальних занять, призначених для викладення теоретичного матеріалу. Як правило, окрема лекція є елементом курсу лекцій, що охоплює основний теоретичний матеріал одної або кількох тем навчальної дисципліни. Тематика лекцій визначається робочою навчальною програмою дисципліни.

Лабораторне заняття – вид навчального заняття, під час якого студент під керівництвом викладача проводить натурні або імітаційні експерименти чи дослідження з метою практичного підтвердження окремих теоретичних положень, набуває практичних навичок роботи з лабораторним обладнанням, оснащенням, обчислювальною технікою, вимірювальною апаратурою, оволодіває методикою експериментальних досліджень у конкретній предметній галузі.

Практичне заняття – вид навчального заняття, під час якого студенти під керівництвом викладача шляхом виконання певних відповідно сформульованих завдань закріплюють теоретичні положення навчальної дисципліни й набувають умінь та навичок їх практичного застосування.

Семінарське заняття – вид навчального заняття, під час якого викладач організовує обговорення питань з тем, визначених робочою програмою дисципліни і проводиться у формі бесіди, дискусії тощо. Семінарські заняття проводяться з однією академічною групою.

Практична підготовка здобувачів вищої освіти в університеті здійснюється шляхом проходження ними практики на підприємствах, в установах та

організаціях згідно з укладеними університетом договорами або у його структурних підрозділах.

Метою практики є оволодіння студентами сучасними методами, формами організації та знаряддями праці в галузі їх майбутньої професії, формування у них, на базі отриманих знань, професійних умінь і навичок для прийняття самостійних рішень під час конкретної роботи в реальних виробничих умовах, оволодіння робітничими професіями відповідного фахового спрямування, виховання потреби систематично поновлювати свої знання та творчо їх застосовувати в практичній діяльності.

Залежно від конкретної спеціальності та цілей практика може бути: ознайомча, навчальна, виробнича, технологічна, конструкторська, науково-дослідна, переддипломна тощо.

Для оцінювання результатів навчання в університеті застосовуються 100-бальна (рейтингова), чотирибальна (національна) і шкала ЄКТС. Порядок оцінювання регламентується окремим положенням. В освітньому процесі університету використовуються попередній (нульовий, вхідний), поточний (оперативний, рубіжний), підсумковий (семестровий, атестація) та відтермінований рівні контролю.

Математика відіграє винятково важливу роль у практичній діяльності інженера. Немає жодної галузі промисловості, які б не користувалася послугами цієї найдавнішої науки. Вивчаючи математику, здобувачі вищої освіти одержують знання, необхідні для успішного засвоєння інших курсів для підготовки до майбутньої практичної діяльності. Зараз не можна уявити розв'язання математичних інженерних задач без використання комп'ютерів. Тому інженер повинний уміти користуватися комп'ютером та програмними продуктами.

Важливе значення в підготовці інженерів-машинобудівників має вивчення фізики. За останні роки фізика одержала великий розвиток, що реалізувався в глибокому проникненні в різні галузі техніки. Фізика все більшою мірою стає теоретичною базою техніки. Особливо важливими для інженера-механіка є такі її розділи, як фізика твердого тіла, фізика рідинного стану, ультразвук та інші.

Використання нових матеріалів, зокрема, композиційних, успішне функціонування сучасного машинобудівного виробництва неможливі без глибоких знань з хімії, які необхідні для подальшого вивчення загальноінженерних та спеціальних дисциплін, а також для майбутньої практичної діяльності. Потрібно зазначити, що нові технологічні процеси в машинобудуванні ґрунтуються на використанні фізико-хімічних та хімічних процесів: електрохімічного полірування, хімічного методу оброблення, хіміко-термічного оброблення поверхонь деталей машин тощо. Одним із основних напрямків розвитку наукових основ машинобудування вважається встановлення тісніших зв'язків з фундаментальними науками і використання їхніх досягнень у практиці виробництва. Можна навести багато прикладів оброблення (магнітно-імпульсної, електронно-променевої, електроерозійної), що показують, як такі зв'язки дозволили створити нові методи оброблення або сприяли вибору більш оптимального розв'язку тієї або іншої технологічної проблеми.

До наук загальної підготовки у технічному закладі вищої освіти відносять



філософію, історію, соціологію, політологію, іноземну мову. Оволодіння іноземними мовами дає можливість ширше використовувати знання, накопичені людством протягом століть й знайомитися в оригіналах із закордонними науково-технічними досягненнями. Знання іноземних мов набуває особливо важливого значення в сучасний період, в умовах значного розширення міжнародних зв'язків.

Прогрес у створенні нової техніки, машин та механізмів, нових технологічних процесів та обладнання для їх здійснення потребує знань в сфері аналізу навантажень різних елементів механізмів, їхньої структури та законів руху під дією зовнішніх сил і сил опору, розрахунку інженерних споруд на міцність та жорсткість. Ці питання розглядають у курсах «Теоретична механіка», «Опір матеріалів». Завершує цикл загальноінженерних дисциплін курс «Деталі машин», у якому висвітлюються методи розрахунку деталей, виходячи з заданих умов їх роботи в машині для забезпечення оптимальних форм та розмірів деталей, вибору матеріалів та призначення технічних умов виготовлення деталей.

Курс «Матеріалознавство» знайомить із взаємозв'язком між структурою та властивостями матеріалів, застосовуваних у техніці, дає необхідні відомості для раціонального вибору матеріалу деталей машин.

Важливим серед загальноінженерних є курс «Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання», у якому викладаються основи вчення про взаємозамінність та техніку вимірювань і який зв'язує конструкторські й технологічні дисципліни.

Основні закони руху рідин розглядають у курсі «Гідравліка, гідро- та пневмоприводи». Важливість та значення цього курсу в підготовці інженерів-машинобудівників у наш час зростає, оскільки сфера застосування гідравлічних передач у машинобудуванні безупинно розширюється.

Через значне поширення й ускладнення схем електрообладнання різноманітних машин для всіх інженерних спеціальностей важливі знання в області електротехніки.

До загальноінженерних відносять також курс «Технологія конструкційних матеріалів» – комплексну дисципліну, яка містить сукупність знань про способи одержання машинобудівних матеріалів та засоби їх фізико-хімічного оброблення з метою надання їм властивостей й конфігурації, необхідних у виробництві. У курсі даються основні відомості про різні галузі виробництва: металургію чорних та кольорових металів, ливарне виробництво, оброблення металів тиском, газове зварювання і різання, оброблення різанням, а також про властивості й оброблення неметалевих матеріалів.

Спеціальні дисципліни читають лише здобувачам певної спеціальності. В даних дисциплінах вивчаються основи теорії, розрахунку, конструювання й експлуатації машин конкретного призначення, а також відповідні технологічні процеси, їх теорія, розрахунки, машинна реалізація тощо. Для спеціальності «Прикладна механіка» спеціальними дисциплінами є: теорія різання, різальний інструмент, проектування технологічного оснащення, технологія автоматизованого виробництва, експлуатація та обслуговування машин, організація машинобудівного виробництва тощо. Спеціальні дисципліни мають тісний зв'язок

із фундаментальними та загально-інженерними курсами, які висвітлюють на високому теоретичному рівні наукові основи технології машинобудування, загальні принципи проектування верстатів, інструментів та їх експлуатації.

Мова інженера значною мірою, є мовою креслення. Батько вітчизняної авіації професор Н. Е. Жуковський говорив, що не можна бути гарним інженером, не вміючи креслити. Креслення необхідне для виготовлення деталі. Воно дає уявлення про розміри та форму деталі, її матеріал, допуски на розміри й інше. Складальні креслення визначають взаємне розташування деталей, їхні з'єднання та кріплення, будову вузла, механізму або машини. Загальну геометричну інтуїцію та просторове уявлення людини значною мірою розширює вивчення курсів нарисної геометрії і комп'ютерної графіки. В процесі навчання студенти навчаються читати та розробляти креслення, схеми, оформляти технологічну та конструкторську документацію, оволодівають методиками конструювання, проектування та основами наукового пошуку.

Значне місце відводиться комп'ютерній підготовці. Сучасний стан розвитку обчислювальної техніки, з одного боку, дає можливість з великою ефективністю вирішувати практично весь спектр інженерних задач, а з іншого – вимагає наявності в користувача певного рівня знань і навиків роботи. Такий рівень знань і повинна забезпечити система освіти. Для сучасного інженера вміння працювати з комп'ютером є таким же необхідним, як знання математики, фізики, спеціальних дисциплін. Є і інші причини які вимагають забезпечення комп'ютерної грамотності. Розвиток науки, зростання об'єму інформації в оточуючому світі висувають зовсім нові вимоги до змісту освіти та до обсягів знань фахівців.

Підготовка фахівців у сфері застосування обчислювальної техніки поділяється на базову і спеціальну. Базова підготовка має за мету дати спеціалісту необхідні відомості про обчислювальну техніку і програмування, методику математичного моделювання і вирішення інженерних задач на ЕОМ, а також навички підготовки програмного забезпечення для ЕОМ. Фахівці, які пройшли базовий рівень підготовки повинні стати кваліфікованими користувачами, які уміють ефективно використовувати можливості ЕОМ при виконанні своїх службових обов'язків.

Спеціальна підготовка призначення для розширення знань і зміцнення практичних навиків в таких сферах діяльності як оптимізація вирішення задач за фахом; системи автоматизованого проектування; автоматизовані системи технологічної підготовки виробництва; автоматизовані системи наукових досліджень тощо.

Крім того, у зв'язку з тим, що обчислювальна техніка і програмне забезпечення розвиваються надзвичайно швидкими темпами та постійно оновлюються, важливе місце в професійній підготовці інженера відводиться самостійній роботі.

Індивідуальні завдання з окремих дисциплін (реферати, розрахункові, розрахунково-графічні тощо) виконуються студентами в терміни, передбачені робочою навчальною програмою дисципліни, а курсові та дипломні проекти/роботи в терміни, визначені завданням та календарним графіком їх

виконання. Індивідуальні завдання студент виконує самостійно під керівництвом викладача.

Курсові проекти (роботи) виконуються з метою закріплення, поглиблення й узагальнення знань, отриманих студентами за час навчання та їх застосування до комплексного вирішення конкретного фахового завдання. Тематика курсових проектів (робіт) має відповідати завданням навчальної дисципліни й тісно пов'язуватися з практичними потребами конкретного фаху.

Дипломні проекти (роботи) виконує здобувач на першому та/чи другому рівнях вищої освіти на завершальному етапі навчання, вони є однією із форм об'єктивного контролю ступеня сформованості умінь вирішувати типові завдання діяльності визначені Національною рамкою кваліфікацій (НРК).

### **1.3. Творче оволодіння знаннями**

Швидкий розвиток нових наукових напрямків, глибоке проникнення науки у виробництво, створення нових галузей промисловості, безперервне удосконалення технології виробництва істотно змінюють характер інженерної діяльності – праця інженера стає творчою. Навички творчої роботи необхідно набути в процесі навчання. Важливе місце в системі навчання належить лекціям, у яких розкриваються основні положення досліджуваного курсу. Багаторічний досвід показує, що надзвичайно корисним є конспектування лекцій. Однак недоцільно прагнути записувати все, як можна повніше і докладніше. Конспектувати необхідно лише істотне: основні положення, їх докази, найважливіші факти та приклади, що наводяться для обґрунтування положень, висновки, формули.

Процес конспектування допомагає зосередити увагу на матеріалі лекцій. Перечитування конспекту сприяє виділенню основного, швидкому відновленню в пам'яті подробиць лекції. Однак, відновити ці подробиці за чужим конспектом, природно, неможливо. Поглиблене опрацювання матеріалу курсу потребує самостійного вивчення підручників, навчальних посібників, монографій, статей.

Розвитку творчих здібностей у здобувачів вищої освіти сприяють лабораторні та практичні заняття, виконання індивідуальних завдань. Тут вони мають можливість проявити свої здібності при розв'язанні конкретних технічних задач. Важливими умовами ефективності цієї роботи є свідомість здобувачів, міцні накопичені знання, інженерна інтуїція і прозорливість, цілеспрямованість, здатність у заданий термін дати правильний розв'язок.

Особливо ефективною є участь здобувачів вищої освіти в експериментальних роботах у лабораторії, у розрахункових та проектно-конструкторських роботах. Теми таких наукових досліджень визначаються науковими керівниками-викладачами. Здобувач може бути учасником теми, виконуваної співробітниками кафедри та лабораторії або може визначити тему творчої роботи на підставі вивчення даної галузі науки та запитів виробництва. У будь-якому випадку тема дослідження повинна бути обрана здобувачем за наявності глибокого інтересу до неї й прагнення досліджувати поставлене питання.

Опрацювання теми починається зі збирання та вивчення літературних джерел й інших матеріалів. Необхідно дізнатись про те, що в минулому зроблено

по даному питанню іншими дослідниками. Результатом розроблення наявних матеріалів є викладення стану досліджуваного питання та виявлення конкретних наукових задач, що будуть розв'язуватись в дослідженні. На підставі зібраного фактичного матеріалу та його теоретичного опрацювання робиться припущення про очікувані закономірності, які зв'язують фактори досліджуваного явища, тобто розробляється гіпотеза або керівна ідея. Гіпотеза повинна відповідати усім вихідним фактам для її розроблення й мати високий ступінь імовірності. Важливим етапом дослідження є експеримент – науково поставлений дослід, в якому дослідник відтворює та спостерігає процес, реєструє величини, що характеризують його при змінах, які задаються, і факторах, що на нього впливають.

Перед проведенням дослідів необхідно звертати увагу на справність використовуваної контрольно-вимірюваної апаратури та ретельно готувати її до роботи. Експериментатор повинен ясно уявляти собі принцип дії вимірювальних приладів й апаратури та вміти створювати умови, необхідні для проведення експериментів.

Досить істотною частиною дослідження є оброблення результатів експериментів та їх аналіз. На першому етапі оброблення експериментальних даних у багатьох випадках обмежуються визначенням якісної залежності, без установаження точних співвідношень у вигляді математичних рівнянь. Для цього використовується графічний метод оброблення результатів експериментів, який полягає в побудові за дослідними даними графіків залежностей між досліджуваними величинами. Вивчення характеру отриманих кривих є першим етапом оброблення даних. Далі знаходять математичні рівняння зав'язків між досліджуваними величинами. На підставі результатів аналізу отриманих залежностей виводять судження про характер впливу різних факторів на процес і дають науково обґрунтовані рекомендації про його ефективне застосування на практиці.

Дослідження з технічних наук, як правило повинні призводити до результатів, які в подальшому доцільно використовувати у виробництві. Це може бути новий метод розрахунку машин, технологічних процесів, інструментів, нова більш раціональна схема процесу, обладнання, інструменту, науково-обґрунтований проект нової конструкції машини або механізму тощо.

Одержання нових наукових результатів – це процес тривалої творчої роботи, що потребує напруження, використання накопичених знань для розуміння складних явищ, шукань, міркувань, розвитку ідей, критичного аналізу отриманих даних, допитливості й ентузіазму.

В сучасних умовах зростає значення політехнічної освіти для формування всебічно розвинутих людей, які вміють мислити та діяти. Для сучасної промисловості характерні динамічні зміни технічного базису виробництва, з'являються нові галузі, професії, змінюється зміст старих. Виробничий світогляд працюючих у зв'язку з цим також розширюється, підвищується інтелектуальний рівень їх діяльності. Сучасне виробництво висуває високі вимоги до загальноосвітньої, політехнічної та спеціальної підготовки інженерів.

#### **1.4. Історія та сьогодення кафедри технології машинобудування**

Кафедра технології машинобудування (ТМ) є випусковою для студентів університету, які навчаються за спеціальністю «Прикладна механіка».

Кафедра технології машинобудування Тернопільського філіалу Львівського політехнічного інституту (ТФЛПІ) була створена 24 квітня 1969 року за наказом ректора Львівського політехнічного інституту № 206 від 12 квітня 1969 року на базі кафедри технології металів і матеріалознавства загальнотехнічного факультету. До складу кафедри ввійшли лабораторії верстатів, різальних інструментів, технології металів, металознавства, автоматизації виробництва та учбові майстерні. Лабораторії були обладнані новими верстатами, приладами та інструментами, які виділяли зі своїх фондів Тернопільські та Львівські підприємства.

На кафедрі діяли денна, вечірня та заочна форми навчання. Необхідне методичне забезпечення навчального процесу розроблялося викладачами кафедри. Учбовий процес закріплювався під час щорічних виробничих практик на підприємствах Тернополя, Львова, Києва, Москви та інших міст.

За кафедрою ТМ були закріплені такі дисципліни як «Технологія машинобудування», «Проектування і виробництво заготовок», «Металорізальні верстати», «Теорія різання металів», «Проектування пристроїв для МРВ», «Матеріалознавство», «Проектування механоскладальних цехів», «Автоматизація виробничих процесів в машинобудуванні», «Проектування різального інструменту», «Організація і планування виробництва», «Охорона праці», «Економіка машинобудування» та інші.

Викладачі кафедри разом із студентами займалися науковою роботою, виступали з лекціями на підприємствах м. Тернополя і області, надавали допомогу і консультації з технічних питань різним організаціям.

В ході реорганізації ТФЛПІ в Тернопільський приладобудівний інститут, а згодом в Національний технічний університет на базі кафедри технології машинобудування і з залученням її викладачів було організовано ряд нових кафедр. Так в 1972 році була створена кафедра верстатно-інструментальних систем автоматизованого виробництва, у 1988 році – кафедра автоматизації виробництва, у 1992 році була створена кафедра економіки, а у 2002 році – кафедра комп'ютерних технологій в машинобудуванні.

На виробничих площах ВАТ «Тернопільський комбайновий завод» у 1986 році було створено філіал кафедри технології машинобудування, де студенти в умовах діючого виробництва оволодівали комплексом теоретичних знань і практичних навиків. В 1991 році на Республіканському конкурсі на кращий філіал кафедри на виробництві філіал кафедри на ВАТ «ТеКЗ» зайняв 2-е призове місце. На сьогоднішній день філіал реорганізовано у 11-й початковий корпус ТНТУ, у якому розміщено кафедру технології машинобудування.

За період свого існування кафедрою технології машинобудування підготовлено більше 2100 висококваліфікованих фахівців, які працюють у всіх регіонах України та за її межами. Серед випускників кафедри доктори технічних наук, професори, академіки, заслужені винахідники України, генеральні

директори, провідні спеціалісти машинобудівних та сільськогосподарських підприємств, комерційних структур, державні та громадські діячі.

На республіканських олімпіадах з технології машинобудування студенти кафедри неодноразово займали 1-5 місця при загальній кількості місць 22-25.

Кафедра по праву пишається своїми випускниками, які завдяки знанням, отриманим під час навчання в інституті, зуміли досягнути значних успіхів в своїй професійній діяльності

Упродовж майже 50 років на кафедрі проводиться плідна науково-дослідна робота. Основними напрямками цієї роботи є: розроблення конструкцій і технології виготовлення транспортних технологічних машин і систем машин; підвищення довговічності та надійності важконавантажених механізмів машин.

За всі роки діяльності кафедра має незаперечні успіхи та здобутки. Результати наукових досліджень впроваджені на багатьох підприємствах України і країн СНД. Географія впроваджень включає ряд заводів м. Москви, Горьківський автомобільний завод, Ярославський завод паливної апаратури, Харківський тракторний завод, Куйбишевський завод пластмас, Московський автозавод, Вінницький електротехнічний завод, Вільнюський верстатобудівний завод та багато інших.

На основі договору про співдружність між колективами кафедри ТМ і Всесоюзним інститутом сільськогосподарського машинобудування, Українським науково-дослідним інститутом сільськогосподарського машинобудування, Краснодарським спеціальним конструкторсько-технологічним бюро було розроблено конструкції захисних механізмів сільськогосподарських машин і стенд для їх випробувань.

Про науковий рівень кадрового складу свідчить той факт, що фахівці кафедри є членами спеціалізованих вчених рад із захисту дисертацій. Зокрема в 1991 році була створена перша на Тернопільщині спеціалізована вчена рада з захисту кандидатських дисертацій. При безпосередній участі працівників кафедри в університеті була відкрита аспірантура.

Кафедра плідно співпрацювала і продовжує працювати з багатьма вищими навчальними закладами України та зарубіжжя, в тому числі з Національними технічними університетами «Київський політехнічний інститут», «Львівська політехніка», Луцьким, Івано-Франківським, Одеським, Національним університетом біоресурсів і природокористування України, Лодзінським, Будапештським, Софійським, та Жешувським університетами, а також з Українським інститутом сільськогосподарського машинобудування та багатьма іншими.

На кафедрі працює 11 викладачів, з них 8 кандидатів і два доктори технічних наук. На кафедрі читаються такі дисципліни: «Технологія машинобудування», «Проектування та виробництво заготовок», «Проектування технологічного оснащення», «Проектування механоскладальних цехів», «Технологічна підготовка виробництва», «Надійність машин», «Експлуатація та обслуговування машин», «Охорона праці в галузі» та ряд інших.

На кафедрі розроблена та успішно реалізується концепція підготовки студентів в сфері комп'ютерних технологій, в рамках якої сформульовані вимоги

до випускників різного рівня освітнього процесу в сфері комп'ютерних технологій; опрацьовуються питання єдності і взаємопов'язаності програмного забезпечення за курсами і за спеціальностями; реалізується відповідна кадрова політика; проводиться технічне оснащення лабораторій кафедри; отримуються сучасні професійні програмні комплекси; проводиться перегляд робочих програм і навчальних планів з метою насичення елементами інформаційних технологій всіх учбових дисциплін; відкриваються спеціальні дисципліни.

До основних завдань найближчого майбутнього кафедри слід віднести:

- широке впровадження комп'ютерних технологій в практику наукових досліджень;

- підвищення ефективності підготовки фахівців за рахунок впровадження сучасних методів навчання і використання умов діючого виробництва та підприємств регіону;

- створення галузевої лабораторії з власною дослідно-виробничою базою;

- інтеграція з навчальними, науковими і виробничими закладами та установами в міжнародні навчально-дослідні структури.

## **2. ОСОБЛИВОСТІ ПРОФЕСІЇ ІНЖЕНЕРА-ТЕХНОЛОГА СУЧАСНОГО МАШИНОБУДІВНОГО ВИРОБНИЦТВА**

### **2.1. Нормативно-правова база підготовки фахівців**

Стандарт освітньої діяльності – це сукупність мінімальних вимог до кадрового, навчально-методичного, матеріально-технічного та інформаційного забезпечення освітнього процесу закладу вищої освіти і наукової установи.

Стандарти освітньої діяльності розробляються для кожного рівня вищої освіти в межах кожної спеціальності з урахуванням необхідності створення умов для осіб з особливими освітніми потребами та є обов'язковими до виконання всіма закладами вищої освіти незалежно від форми власності та підпорядкування, а також науковими установами, що забезпечують підготовку докторів філософії та докторів наук.

Стандарти освітньої діяльності розробляються та затверджуються центральним органом виконавчої влади у сфері освіти і науки за погодженням з Національним агентством із забезпечення якості вищої освіти.

Стандарт вищої освіти – це сукупність вимог до змісту та результатів освітньої діяльності закладів вищої освіти і наукових установ за кожним рівнем вищої освіти в межах кожної спеціальності.

Стандарти вищої освіти розробляються для кожного рівня вищої освіти в межах кожної спеціальності відповідно до Національної рамки кваліфікацій і використовуються для визначення та оцінювання якості змісту та результатів освітньої діяльності закладів вищої освіти (наукових установ).

Стандарт вищої освіти визначає такі вимоги до освітньої програми:

- обсяг кредитів ЄКТС, необхідний для здобуття відповідного ступеня вищої освіти;
- перелік компетентностей випускника;
- нормативний зміст підготовки здобувачів вищої освіти, сформульований у термінах результатів навчання;
- форми атестації здобувачів вищої освіти;
- вимоги до наявності системи внутрішнього забезпечення якості вищої освіти;
- вимоги професійних стандартів (у разі їх наявності).

Стандарти вищої освіти за кожною спеціальністю розробляє центральний орган виконавчої влади у сфері освіти і науки з урахуванням пропозицій галузевих державних органів, до сфери управління яких належать заклади вищої освіти, і галузевих об'єднань організацій роботодавців та затверджує їх за погодженням з Національним агентством із забезпечення якості вищої освіти.

### **2.2. Сфери професійної діяльності**

Інженер-технолог може працювати в галузях науки і техніки, які включають в себе сукупність засобів, прийомів, способів і методів людської діяльності, спрямованих на конструкторсько-технологічне забезпечення



конкурентоспроможної продукції машинобудування, тобто орієнтованих на:

- створення нових і застосування сучасних виробничих процесів і технологій, засобів автоматизації, методів проектування, математичного, фізичного та комп'ютерного моделювання;
- використання сучасних засобів конструкторсько-технологічної інформатики та автоматизованого проектування;
- створення технологічно орієнтованих виробничих, інструментальних і керуючих систем різного службового призначення;
- проведення маркетингових досліджень.

### **2.3. Об'єкти професійної діяльності інженера-технолога**

Об'єктами професійної діяльності інженера-технолога є:

- машинобудівне виробництво, технологічне та допоміжне устаткування, їх комплекси, інструментальні засоби, технологічне оснащення, засоби проектування, автоматизації і керування;
- виробничі і технологічні процеси, інструментальні системи, їх проектування та впровадження, освоєння нових технологій і інструментальної техніки;
- засоби інструментального, метрологічного, діагностичного, інформаційного і управлінського забезпечення машинобудівного виробництва для забезпечення необхідної якості продукції, що виробляється;
- нормативно-технічна документація, системи стандартизації і сертифікації, методи та засоби випробувань і контролю якості виробів машинобудування.

### **2.4. Види професійної діяльності**

Фахівець, що одержав освіту за спеціальністю «Технології машинобудування», може відповідно до фундаментальної і спеціальної підготовки виконувати такі види професійної діяльності:

- проектно-конструкторська;
- виробничо-технологічна;
- організаційно-управлінська;
- науково-дослідна;
- експлуатаційна.

Конкретні види діяльності визначаються змістом освітньо-професійної програми, яка розроблена вищим навчальним закладом.

### **2.5. Задачі професійної діяльності**

Фахівець з технології машинобудування підготовлений до вирішення таких типів завдань за видами професійної діяльності.

#### **Проектно-конструкторська діяльність:**

- формулювання цілей проекту, завдань при виданих критеріях, цільових функціях, обмеженнях, побудова структури їх взаємозв'язків, виявлення

пріоритетів розв'язку завдань із урахуванням моральних аспектів діяльності;

- розроблення узагальнених варіантів вирішення проблем, аналіз варіантів і вибір оптимального, прогнозування наслідків, знаходження компромісних розв'язків в умовах багатокритеріальної невизначеності, планування реалізації проектів;

- розроблення проектів виробів з урахуванням механічних, технологічних, конструкторських, експлуатаційних, естетичних, економічних і управлінських параметрів;

- використання інформаційних технологій при проектуванні виробів.

#### **Виробничо-технологічна діяльність:**

- розроблення та впровадження оптимальних технологій виготовлення виробів;

- організація і ефективне здійснення контролю якості матеріалів, технологічних процесів, готової продукції;

- ефективне використання матеріалів, устаткування, інструментів, технологічного оснащення, засобів автоматизації, алгоритмів і програм вибору і розрахунків параметрів технологічних процесів;

- вибір матеріалів, обладнання та інших засобів технологічного оснащення і автоматизації для реалізації виробничих технологічних процесів,

- використання інформаційних технологій при виготовленні виробів;

- розроблення програм і методик випробувань, засобів технологічного оснащення, автоматизації і керування;

- метрологічна перевірка основних засобів вимірювання показників якості продукції, що виробляється;

- стандартизація й сертифікація технологічних процесів, засобів технологічного оснащення.

#### **Організаційно-управлінська діяльність:**

- організація процесу розроблення і виробництва виробів, засобів технологічного оснащення та автоматизації виробничих і технологічних процесів;

- організація роботи колективу виконавців, прийняття управлінських рішень в умовах різних думок;

- організація вибору технологій, інструментальних засобів і засобів обчислювальної техніки при реалізації процесів проектування, виготовлення, технічного діагностування і промислових випробувань виробів;

- знаходження компромісу між різними вимогами (вартості, якості, безпеки і термінів виконання) як при довготерміновому, так і короткотерміновому плануванні і прийняття оптимальних управлінських рішень;

- оцінка виробничих і невиробничих витрат на забезпечення необхідної якості продукції;

- навчання персоналу в рамках прийнятої організації процесу розроблення і (або) виробництва виробів.

#### **Науково-дослідна діяльність:**

- діагностика стану динаміки об'єктів діяльності (технологічних процесів, устаткування, засобів технологічного оснащення, автоматизації і керування) з використанням необхідних методів і засобів аналізу;

- створення математичних та фізичних моделей процесів і систем, засобів

автоматизації і керування;

- планування експерименту і використання методик математичної оброблення результатів;

- використання інформаційних технологій і технічних засобів при розробленні нових технологій і виробів машинобудування.

**Експлуатаційна діяльність:**

- налагодження та регламентне експлуатаційне обслуговування обладнання і засобів технологічного оснащення, автоматизації й керування;

- вибір методів і засобів вимірювання експлуатаційних характеристик виробів, засобів технологічного оснащення, автоматизації й керування, аналіз експлуатаційних характеристик.

**2.6. Кваліфікаційні вимоги до інженера-технолога виробничої дільниці**

Інженер-технолог повинен виконувати такі види робіт:

- розробляти з використанням системи автоматизованого проектування (САПР) технологічні процеси на продукцію, що виготовляється дільницею;

- впроваджувати технологічні процеси у виробництво;

- встановлювати послідовність виконання робіт і маршрут проходження продукції;

- розробляти плани розміщення обладнання, технічного оснащення і організації робочих місць, розраховувати виробничі потужності й завантаженість обладнання;

- брати участь у розробленні технічно обґрунтованих норм часу, лінійних і сіткових графіків, у відпрацьовуванні виробів на технологічність, розраховувати нормативи матеріальних витрат, економічну ефективність технологічних процесів, які проектуються;

- розробляти технологічні нормативи, інструкції, схеми складання і маршрутні карти тощо;

- розробляти технічні завдання на проектування пристосувань, оснащення і спеціального інструменту, передбачених технологією, брати участь у розробленні керуючих програм для устаткування з ЧПК;

- проводити патентні дослідження і визначати показники технічного рівня об'єктів проектування, техніки і технології;

- брати участь у проведенні експериментальних робіт з освоєння нових технологічних процесів і впровадженню їх у виробництво;

- здійснювати контроль над дотриманням технологічної дисципліни в цехах і правильною експлуатацією технологічного устаткування;

- аналізувати причини браку і випуску продукції низької якості, брати участь у розробленні заходів щодо їх попередження та усунення;

- розробляти методи технічного контролю і випробування продукції;

- розглядати раціоналізаторські пропозиції з вдосконалювання технології виробництва і давати висновок про доцільність їх використання в умовах підприємства.

Інженер-технолог повинен знати:

- постанови, розпорядження, накази вищих керівних органів;
- методичні і нормативні матеріали з технологічної підготовки виробництва;
- конструкцію виробів, на які проектується технологічний процес;
- технологію виробництва продукції підприємства, перспективи розвитку підприємства, системи і методи проектування технологічних процесів;
- основне технологічне устаткування і принципи його роботи;
- типові технологічні процеси й режими виробництва;
- технічні вимоги, методи аналізу технічного рівня об'єктів техніки і технології;
- основні вимоги наукової організації праці при проектуванні технологічних процесів;
- основи трудового законодавства, правила і норми охорони праці, техніки безпеки, виробничої санітарії й протипожежного захисту.

### 3. МАШИНОБУДУВАННЯ – ДВИГУН ПРОГРЕСУ

#### 3.1. Короткий нарис розвитку машинобудування

Машинобудівна промисловість відіграє найважливішу роль у розвитку виробничих сил. Від ступеня її розвитку залежить рівень технічної озброєності всіх сфер економіки держави. Завдання машинобудування – виготовлення у потрібних кількостях сучасних машин, предметів широкого споживання та військової техніки.

Нові машини розробляють люди, що мають певні знання й досвід. При цьому з використанням досягнень минулого створюються досконаліші (потужніші, компактніші, дешевші, надійніші, більш продуктивні та зручні в експлуатації і менш енергоємні машини, з привабливим зовнішнім виглядом).

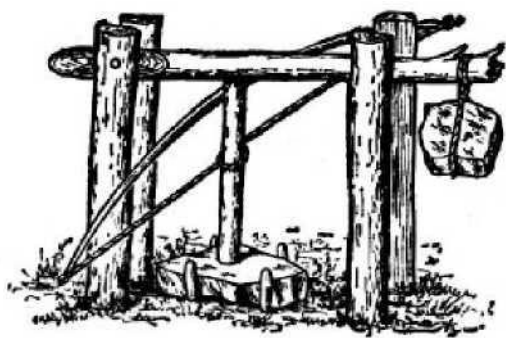


Рисунок 3.1 – Свердлильний верстат епохи неоліту

Першими знаряддями оброблення, створеними людиною, що з'явилися в епоху неоліту, були кам'яне рубало та загострений довгасти камінь, закріплений на дерев'яній рукоятці. При періодичному обертанні рукоятки з каменем між долонями то в одну, то в іншу сторону, а також в результаті створення осьового навантаження на рукоятку в заготовках виконувались отвори. Звичайно, такий процес свердління був малопродуктивним та дуже стомливим.

Розвитком описаного свердлильного пристрою стали верстати з дерев'яною станиною, навантажувальним пристроєм та лучковим приводом (рисунок 3.1).

За кілька тисяч років з'явилися токарні верстати з лучковим приводом обертання заготовки. Їх істотним недоліком було те, що заготовка оберталася то за годинниковою, то проти годинникової стрілки. У XVII ст. були створені токарні верстати, що забезпечували безперервне обертання заготовки. Вони мали металеву станину, кривошипний ножний привод, маховик – шків з пасовою передачею, центри для установлення заготовки і притискну планку для різця (рисунок 3.2).

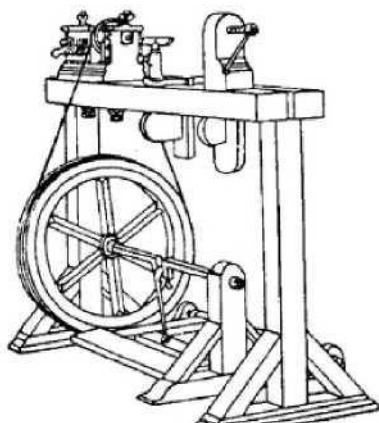


Рисунок 3.2 – Токарний верстат з кривошипним приводом та маховиком

У деяких випадках як двигун для привода верстата могли використовувати водяні колеса, вітряні млини та мускульну силу тварин. Одним з недоліків подібних верстатів було те, що в процесі оброблення різець тримали в руках та переміщували його в різних напрямках відповідно до форми оброблюваної поверхні. Був потрібний пристрій, що звільнив би робітника від необхідності утримувати інструмент під час оброблення. Такий пристрій одержав назву

супорт. Одним із винахідників супорта був росіянин А. К. Нартов. У 1729 р. ним був побудований токарно-копірувальний верстат із супортом. Однак пройшло ще чимало років, поки в 1794 р. англійський механік Г. Модслі не сконструював роботоздатний токарний верстат на станині з чавуну із самохідним супортом. З появою супорта інструмент став частиною верстата, перетворився зі зняття ручної праці у механізоване зняття. Його затискали в супорті, що відтворював робочі рухи, які раніше виконувалися вручну (рисунок 3.3).

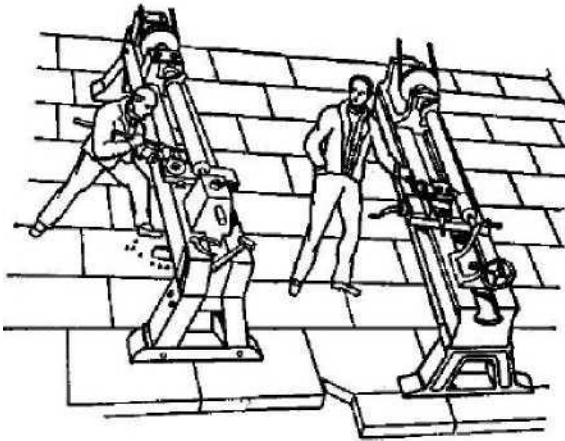


Рисунок 3.3 – Робота на токарному верстаті без супорта і з супортом (рекламний рисунок кінця XVII ст.)

числі й самі верстат. В результаті машин, номенклатура яких розширюється, металорізальні верстат безупинно змінюють й удосконалюють.

Верстат, в приводі яких використовувалась мускульна енергія людини, не дозволяли змінювати частоту обертання оброблюваної заготовки. Винахід парової машини привів до можливості застосування у верстаті такого механізму, як коробка швидкостей, що спочатку мала вигляд багатого східчастого шківів, встановленого на шпинделі верстата.

При цьому використовували груповий привод від парової машини через трансмісійний вал і контрприводи (рисунок 3.4).

Впровадження верстатів і машинних інструментів дозволило вивести потужність зняття праці далеко за межі фізичних можливостей людини. Якщо раніше робітник-ремісник тримав інструмент у руках і не міг у силу фізичних особливостей розвивати великі зусилля, то застосування машин зняло ці обмеження.

Робочими машинами є не лише металорізальні верстат, але і ткацькі верстат, швейні машини, ковальсько-пресове обладнання, прокатні стани тощо. Однак металорізальні верстат займають серед них особливе місце, тому, що з їх допомогою створюють інші машини, в тому

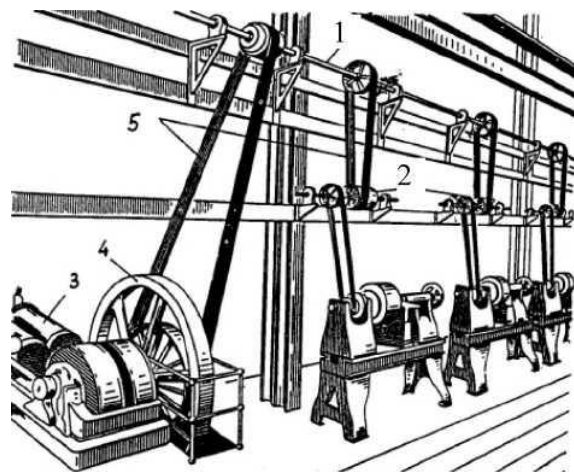


Рисунок 3.4 – Схема роботи групового приводу:

1 – вал; 2 – контрприводи;  
3 – парова машина; 4 – маховик; 5 – паси

У XIX ст. були зроблені важливі винаходи, які привели до створення електричних двигунів змінного струму і їх використання як приводу верстата.

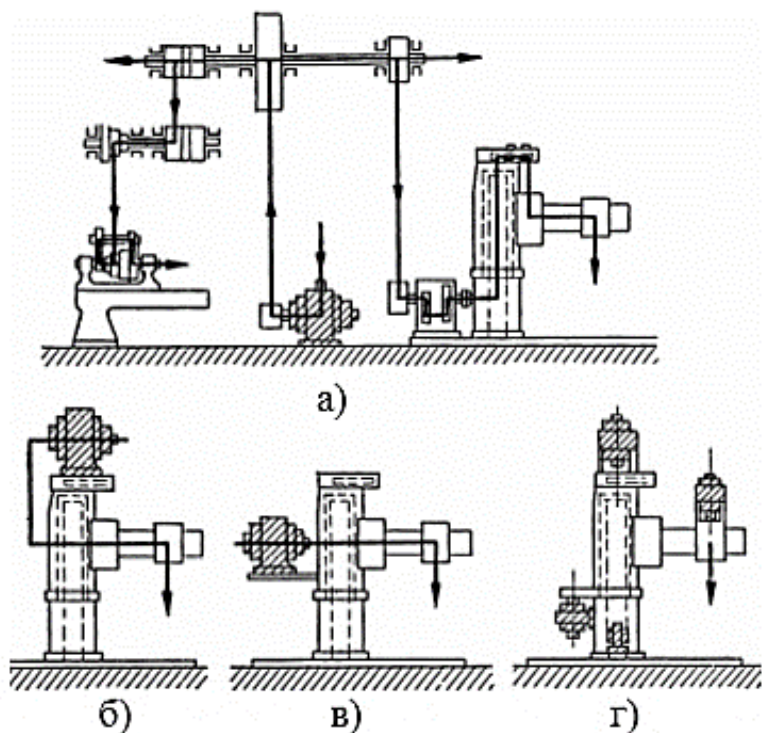


Рисунок 3.5 – Схема розвитку електричного приводу радіально-свердлильного верстата

Спочатку електродвигун лише заміняв парову машину в трансмісії, а принцип групового приводу був збережений (рис. 3.5, а). При використанні механічної передачі від електродвигуна до верстата через трансмісію і ряд пасових передач виникали великі втрати енергії. Крім того, подібні пристрої займали багато місця, а у випадку неполадок вузлів трансмісійного валу доводилось його зупиняти для ремонту, отже, зупиняти й всі верстати. З цих причин груповий привід поступово був витіснений індивідуальним централізованим, при використанні якого електродвигун працює тільки на один верстат (рисунок 3.5, б, в). Ще пізніше відбулось розчленовування індивідуального приводу на багатомоторний (рисунок 3.5, г). У подібному пристрої окремі вузли верстата мають свій індивідуальний привід.

Застосування у верстатах компактних та потужних електричних двигунів дозволило розширити діапазон частот обертання оброблюваної заготовки або інструменту, збільшити кількість подач. Були створені коробки швидкостей і подач із механічним регулюванням швидкості, що передають заготовці головний рух і подачу при обраній глибині різання. Принцип роботи коробки швидкостей однаковий у всіх верстатів, в тому числі верстатів із числовим програмним керуванням (ЧПК).

На рисунку 3.6 показано коробку швидкостей токарного верстата, під час оброблення на якому заготовку затискають у кулачковому патроні, що кріпиться до фланця шпинделя. Обертання від електродвигуна 1 через шків 2 пасової передачі та муфту 3 передається на вал 5. Блок з трьох шестерень 7, 8, 9, розташований на валу 5, за допомогою рейкової передачі зв'язаний з рукояткою 17. Вона вводить блок шестерень у зачеплення із зубчастим колесом 4 (або 10, або 11), жорстко закріпленим на валу 6. Колеса 4 і 12 з'єднані відповідно з колесами 15 і 16, що передають обертальний момент шпинделю через муфту 14, з'єднану з рукояткою 18. Якщо муфта пересунена вправо, то шпиндель одержує обертання через зубчасте колесо 16, а якщо вліво – через зубчасте колесо 15. Таким чином, коробка швидкостей забезпечує шість ступенів частоти обертання шпинделя.

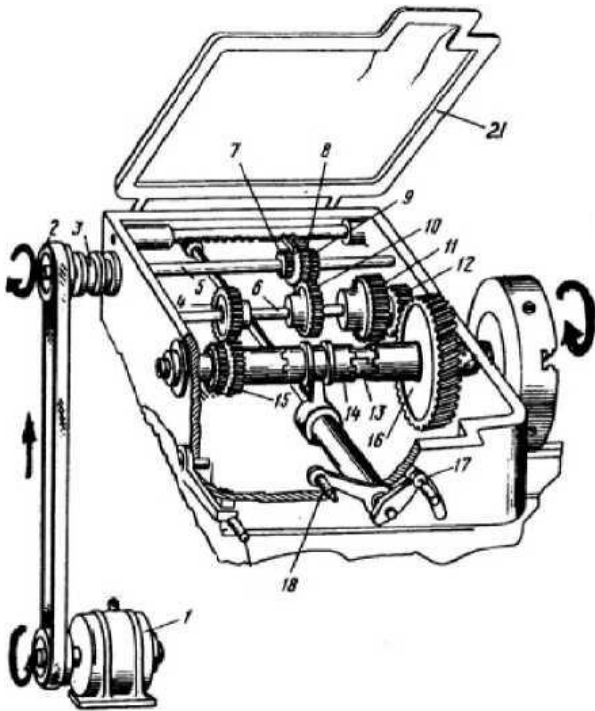


Рисунок 3.6 – Коробка швидкостей токарного верстату

Електричні приводи з механічними передачами дозволили підвищити потужності верстатів і забезпечити зростання продуктивності праці. Наприклад, різці важких токарних верстатів можуть знімати стружку площею поперечного перерізу до 120 мм з навантаженням на різець 15-20 тс. Розміри поперечного перерізу тримача такого різця становлять до 80×100 мм, а довжина – до 800 мм. Також будують протяжні верстати зі стискуючим зусиллям 100 тс, карусельні верстати висотою з триповерховий будинок. Основним недоліком способу регулювання швидкості або подачі за допомогою коробок є дискретність (ступінчастість) їх зміни. У верстатах з ЧПК приводи головного руху та подачі будуються на базі двигуна постійного струму з регульованою частотою обертання валу, в з'єднанні з двома, а іноді й більшою

кількістю східчастих переборних груп зубчастих передач.

Під час оброблення на верстатах використовують різальний інструмент (свердла, різці, фрези тощо), що безпосередньо забезпечує зміну форми та розмірів оброблюваної заготовки. Інструмент має величезне значення для машинобудування. Він не може розглядатися як якийсь механічний придатак до верстата. Навпаки, в ряді випадків можна бачити, що удосконалення інструменту, створення його нових видів незмінно приводить до появи нових конструкцій верстатів (див. розділ 5).

Винаходи таких інструментів, як черв'ячна зуборізна фреза, зуборізний довбач, шевер, зуборізна головка для конічних коліс із круговим зубом тощо послужили причиною появи спеціальних зуборізних верстатів. Однак, це не означає, що інструмент розвивається сам по собі, окремо від верстатів або методів оброблення. Висока ефективність, точність та якість оброблення можуть бути досягнуті лише за умови, коли три елементи – верстат, інструмент та технологічний процес – становлять нерозривне ціле. Інструментальне виробництво тісно пов'язано з розвитком машинобудування та металооброблення. У країнах із сучасним машинобудуванням, як правило, розвинена й інструментальна промисловість.

Важливою умовою еволюції металорізальних верстатів та інструментів є розроблення і використання нових інструментальних матеріалів, що дозволяють збільшувати швидкості різання та, відповідно, підвищувати продуктивність праці. До початку ХХ ст. основним інструментальним матеріалом була вуглецева сталь, інструменти з якої працювали зі швидкостями різання 5-10 м/хв.



Подальший розвиток інструментальних матеріалів привів до появи швидкорізальної сталі, що дозволило підвищити швидкості різання до 30-40 м/хв. Останнє не могло не відобразитись на конструкції верстатів, що стали жорсткішими, потужнішими та масивнішими. У 1927 р. на Лейпцігській промисловій виставці для різання металів вперше були запропоновані тверді сплави, що дозволило підвищити швидкості різання у 6-10 разів, порівняно зі швидкостями оброблення інструментами зі швидкорізальної сталі, а отже й суттєво скоротити час, який витрачається на здійснення безпосередньо процесу оброблення. Ще пізніше з'являються мінералокераміка та надтверді інструментальні матеріали.

У цих умовах тривалість допоміжних процесів (установлення та закріплення заготовки, знімання деталі, керування верстатом) стала дуже помітно впливати на продуктивність праці. Наприклад, на одному із заводів при токарній обробленні певної деталі швидкорізальними різцями машинний час становив 9,6 хв, а допоміжний – 5 хв. Впровадження твердосплавних різців дозволило підвищити швидкість різання у 10 разів і скоротити машинний час до 1 хв. В результаті, протягом 8 годин токар повинен був сам фізично працювати 400 хв, а верстат – тільки 80 хв, що перетворило роботу на ньому майже в суцільну ручну працю. Останнє порушило питання про скорочення допоміжного часу.

Найефективнішим засобом, що забезпечує скорочення допоміжного часу, є автоматизація виробництва, при реалізації якої всі функції верстатника виконуються за допомогою відповідних технічних пристроїв. Перший крок до автоматизації став можливим у результаті розроблення й освоєння виробництва верстатів-автоматів і напівавтоматів, потокових і автоматичних ліній. На другому етапі автоматизації були впроваджені верстати з ЧПК та інструментальними магазинами, промислові роботи, накопичувачі заготовок, транспортні та складальні конвеєри, гнучкі виробничі модулі та автоматизовані системи.

Різальні інструменти працюють у складних умовах: за високих контактних напружень та температур, активних фізико-хімічних процесів. Це призводить до інтенсивного зношування різальної частини інструменту та до швидкої втрати ним працездатності.

Працездатність інструменту може бути підвищена за рахунок зміни поверхневих властивостей його контактних площадок. Зміна поверхневого шару досягається за рахунок дифузії різних елементів із зовнішнього середовища на поверхню різальної частини інструменту.

На теперішній час одним із ефективних методів підвищення стійкості металорізального інструменту є нанесення тонких (3-10 мкм) покриттів з карбіду вольфраму, карбіду титану, нітриду титану, окису алюмінію ( $Al_2O_3$ ) та інших твердосплавних матеріалів. Застосування покриттів сприяє підвищенню стійкості інструменту у 1,4-5 разів.

### 3.2. Загальна характеристика машинобудівної галузі промисловості

Машинобудування є провідною галуззю усієї промисловості, її «серцевиною». Продукція підприємств машинобудування відіграє вирішальну роль у реалізації досягнень науково-технічного прогресу в усіх сферах господарства. Частка машинобудівного комплексу України складає майже 30 % від загального обсягу промислового виробництва. Але у нашій країні ця галузь розвинена недостатньо. У Японії, Німеччині, США питома вага машинобудування в промисловій структурі складає від 40 до 50 %.

За рівнем експорту машинобудування займає 2-е місце після паливно-енергетичного комплексу. Ця галузь дає 12 % експорту України. Якщо брати Японію і Німеччину, то їх експорт складає: Японія – 60 %, Німеччина – 45 %. Машинобудівний комплекс займає перше місце з випуску валової продукції, друге місце з основних фондів (25 %) і перше місце з промислового персоналу (42 %). Він забезпечує науково-технічний прогрес і перебудову економіки всієї країни, тому його галузі розвиваються прискореними темпами, а їх число безупинно зростає. За роллю і значенням в народному господарстві їх можна об'єднати в 3 взаємозалежні групи:

- галузі, що забезпечують розвиток науково-технічної революції в усьому народному господарстві – це приладобудування, хімічне машинобудування, електротехнічне й енергетичне машинобудування;

- галузі, що забезпечують розвиток науково-технічної революції у машинобудуванні – це верстатобудування та інструментальна промисловість;

- галузі, що забезпечують розвиток науково-технічної революції в окремих галузях господарства – це будівельно-дорожнє, тракторне і сільськогосподарське машинобудування, автомобілебудування та ін.

За останні десятиліття виникло ряд нових галузей, пов'язаних із виготовленням засобів автоматизації, електроніки і телемеханіки, устаткування для атомної енергетики, реактивної авіації, побутових машин. Докорінно змінився характер продукції в старих галузях машинобудування.

Сучасне машинобудування складається з власне машинобудування і металооброблення, що включають декілька десятків галузей і підгалузей. Найбільш складною є структура машинобудування. Вона включає такі найважливіші галузі, як енергетичне машинобудування, електротехнічна, верстатобудівна й інструментальна промисловість, приладобудування, ряд окремих галузей, що виробляють устаткування для видобувної й обробної промисловості, будівництва, транспортне машинобудування, автомобільна промисловість, тракторне і сільськогосподарське машинобудування тощо.

Асортимент продукції машинобудування надзвичайно великий, що не лише обумовлює глибоку диференціацію його галузей, але і здійснює відчутний вплив на розміщення виробництва окремих видів продукції. При цьому навіть при однаковому цільовому призначенні продукції, що виробляється, розміри, склад, технологічні процеси, форма організації виробництва на підприємствах таких галузей суттєво відрізняються.

В цілому машинобудування відноситься до галузей так званого «вільного розміщення», тому що воно в меншій мірі, ніж будь-яка інша галузь промисловості, зазнає впливу таких чинників, як природне середовище, наявність ресурсів корисних копалин, води тощо. У той же час на розміщення підприємств машинобудування вирішальний вплив має ряд економічних факторів, особливо концентрація виробництва, його спеціалізація, кооперація, трудомісткість окремих видів продукції, зручність транспортно-економічних зв'язків, які виникають у процесі кооперації машинобудівних підприємств.

Спеціалізація машинобудування досягла дуже високого рівня. У галузі широко поширені предметна, технологічна і подетальна спеціалізації. Спеціалізація в машинобудуванні визначається профілем машинобудівних підприємств і характером продукції, що виробляється – масовим, крупносерійним, дрібносерійним, одиничним. Випуск масової продукції зменшує можливості створення на підприємствах усього технологічного процесу і сприяє розвитку технологічної спеціалізації. Проте і випуск особливо складної дрібносерійної й індивідуальної продукції нерідко можливий лише на основі подетальної і технологічної спеціалізації.

Розвиток усіх видів спеціалізацій в машинобудуванні зумовило винятково широке кооперування як між його підприємствами, так і з заводами інших галузей, що постачають конструкційні матеріали, вироби з пластмас, скла тощо. При цьому вони спеціалізуються на випуску не лише масової продукції (наприклад, автомашини, радіоприймачі й інша побутова техніка), але і дрібносерійної і навіть індивідуальної продукції.

Розміщення машинобудування визначається в значній мірі працемісткістю виробів, рівнем кваліфікації використовуваної праці, а також особливостями спеціалізації і кооперованих зв'язків підприємств. Рівень металоємності сам по собі не є визначальним фактором розміщення машинобудування. Багато видів продукції машинобудування, що відрізняються високою металоємністю, є одночасно і працемісткими (наприклад, при однаковій питомій витраті матеріалів на 1 т готової продукції працемісткість виготовлення легкових автомобілів у 15-20 разів вища, ніж чотиривісної цистерни для перевезення нафтопродуктів). Масовий і крупносерійний випуск готової продукції настільки суттєво знижує витрати на її виготовлення, що це виправдує багаточисельні кооперовані зв'язки та затрати на постачання продукції споживачам. Глибока спеціалізація заводів змушує вдаватися, здавалося б, і до явно не вигідних перевезень. Існування такого роду перевезень неминуче в умовах сучасної організації машинобудівного виробництва. Випуск же дрібносерійної індивідуальної продукції епізодичний і не може визначати розміщення підприємств, які займаються її виготовленням, залежно від металургійних баз і споживачів.

Створення комплексів взаємозалежних виробництв у машинобудуванні по окремих районах країни ускладнено в силу дуже подрібненої спеціалізації галузі та її підприємств.

Виготовлення кінцевих видів продукції машинобудування, що постачається у інші галузі самого машинобудування або народного господарства, орієнтоване на задоволення всього народного господарства,

побуту й експорту. Споживачі цих видів продукції розміщені в усіх районах країни і за її межами. Тому в переважній більшості випадків розміщення підприємств машинобудування не може орієнтуватися на чинник споживання його продукції.

Лише окремі види продукції, призначені для використання у специфічних природних умовах або для визначених гірсько-геологічних умов, виготовляються в районах їх споживання (частіше усього сільськогосподарські машини, машини і механізми для лісової промисловості, гірниче устаткування).

Відзначені особливості розміщення об'єктів машинобудування обумовлюють велику роль і значення транспортного чинника у здійсненні кооперованих постачань та забезпеченні споживачів готовою продукцією. Ритмічність роботи конвеєрів і поточкових ліній машинобудівних заводів залежить від чіткої роботи як підприємств-суміжників, так і транспорту. Розвинена транспортна мережа, можливість використовувати різні види транспорту між підприємствами, що кооперуються, підвищує надійність таких зв'язків. У результаті здешевлення транспортування продукції усіма видами транспорту, географічне розміщення постачальників продукції в даний час грає набагато меншу роль, ніж у минулому.

В умовах розвинутої спеціалізації машинобудівних заводів щодо визначених видів продукції усе більшого значення набуває уніфікація виробництва окремих видів машин, устаткування, деталей та інструментів, що виготовляються на різних, але споріднених підприємствах галузі. Цей процес також чинить значний вплив на розміщення підприємств машинобудування. Уніфіковані вироби дозволяють забезпечувати більш широке коло споживачів кожному підприємству, тим самим зміцнюючи і розвиваючи внутрішньо-районні зв'язки, сприяючи зонуванню збуту продукції підприємств.

### **3.2.1. Важке машинобудування**

Ця група галузей машинобудування відрізняється значними обсягами споживання металу, відносно малою працемісткістю і використанням енергії. Важке машинобудування включає виробництво устаткування для металургійних підприємств, гірничого, енергетичного устаткування, важких верстатів та ковальсько-пресових машин, морських та річкових суден, локомотивів і вагонів. Особливості виробництва продукції важкого машинобудування полягають у литві, механічній обробленні і складанні великогабаритних деталей, вузлів, агрегатів і цілих секцій. Для цієї галузі характерні як підприємства закінченого виробничого циклу, що самостійно здійснюють виготовлення заготовок, оброблення і складання деталей та вузлів, так і заводи, що поєднують ці операції з монтажем привізних деталей, агрегатів і секцій. У складі галузі є й вузькоспеціалізовані заводи. Витрати на сировину і матеріали тут складають від 40 до 85 %, витрати на зарплату 8-15 %, витрати на транспорт 15-25 %, витрати на електроенергію 8-15 %.

Ця група машинобудівних галузей характеризується також середніми нормами споживання металу, енергії, невисокою працемісткістю. Підприємства

загального машинобудування виготовляють технологічне устаткування для нафтопереробної, хімічної, паперової, лісової, будівельної промисловості, дорожні і найпростіші сільськогосподарські машини. Переважають спеціалізовані підприємства, пов'язані з виготовленням заготовок і складанням конструкцій, агрегатів і деталей, що постачаються в порядку кооперації. Ряд підприємств, що виготовляють устаткування для галузей промисловості з хімічною технологією, потребують спеціальних видів сталей, кольорових металів і пластмас. Підприємства загального машинобудування – одні із самих численних у галузі і розміщуються в у багатьох районах країни.

Частка витрат на зарплату у вартості продукції тут складає від 12 до 33 %, витрати на сировину і матеріали в цій групі не дуже великі – від 4 до 8 %, витрати на електроенергію 3-5 %.

### **3.2.2. Середнє машинобудування**

Воно об'єднує підприємства малої металоємності, але підвищеної енергоємності і працемісткості. Основними технологічними процесами в середньому машинобудуванні є механічне оброблення деталей, складання їх на конвеєрах у вузли, агрегати і готові машини. Ця галузь споживає значну кількість різноманітних чорних і кольорових металів, пластмас, гуми, скла. Підприємства середнього машинобудування найбільш багаточисленні, вузькоспеціалізовані, мають широкі кооперовані зв'язки. Їх продукція масова і крупносерійна, вона включає виробництво автомобілів і літаків, тракторів, комбайнів, двигунів для них, середніх і невеликих металорізальних верстатів і ковальсько-пресових машин, насосів і компресорів, машин і різноманітного технологічного устаткування для легкої, харчової, поліграфічної промисловості.

Автомобільна промисловість – достатньо розвинена, типова для середнього машинобудування галузь. Автомобільна промисловість включає до свого складу крім виготовлення автомобілів також виробництво двигунів, електроустаткування, підшипників, причепів тощо., що виготовляються на окремих підприємствах.

Верстатобудівна промисловість – це технічна база всього машинобудування. Витрати металу у ній, як правило, невеликі, значна частина заготовок і деталей виготовляється на самих підприємствах, кооперація з іншими заводами частіше усього зводиться до постачання двигунів, габаритних та складних виливків, електроустаткування. На розміщення підприємств великий вплив має працемісткість продукції, наявність кваліфікованих кадрів робітників та інженерно-технічного персоналу. Підприємства галузі оснащені складним устаткуванням. Збільшення обсягів виготовлення напівавтоматів і автоматів, фрезерних, шліфувальних, агрегатних, прецизійних, верстатів із програмним керуванням, верстатних ліній, автоматизованих цехів і заводів підсилило роль наукових і конструкторських центрів в розміщенні верстатобудування. Зросла роль кооперованих зв'язків (уніфікація стандартних вузлів у різних типах верстатів, спеціальне електротехнічне устаткування тощо). Вузька спеціалізація верстатобудівних підприємств зумовила значний розвиток міжрайонних

зв'язків: кожне з них забезпечує своєю продукцією більшість районів країни.

Найтипівіші для середнього машинобудування особливості розміщення дуже чітко відслідковуються в розміщенні авіаційної промисловості. У цій найскладнішій галузі сучасного машинобудування кооперуються підприємства практично усіх галузей важкої промисловості, і особливо самого машинобудування, що постачають різноманітні конструкційні матеріали, чорні і кольорові метали, хімічні матеріали, електротехнічне, електронне і радіотехнічне устаткування. Підприємства авіаційної промисловості відрізняються винятково високим рівнем класифікації інженерно-технічних кадрів, робітників. Це зумовило виникнення і розвиток авіаційної промисловості в значних промислових центрах, де крім досвідчених кадрів на виробництві є науково-дослідні інститути та конструкторські бюро. У таких значних промислових центрах, як правило, є і підприємства-суміжники.

Виробництво електротехнічної апаратури, точних машин, інструментів пов'язано зі штампуванням і точним литтям заготовок, точною механічною обробкою деталей, складанням деталей, вузлів і агрегатів. Тут переважає масово-поточкова організація виробництва, у якому зайняті висококваліфіковані кадри, у великій кількості використовується робоча сила. Підприємства галузі споживають відносно невелику кількість матеріалів, але різноманітного асортименту (чорні, кольорові, цінні, рідкісні метали, різноманітні види скла, пластмас тощо). Складність і точність продукції, що виробляється, висуває досить високі вимоги до культури виробництва, оснащення технікою. Багато підприємств галузі зайняті переважно монтажем і складанням деталей, що надходять у порядку кооперації.

### **3.3. Розвиток науки в галузі машинобудування**

На перших етапах розвитку суспільства процес виробництва потребував обмеженого обсягу знань та досвіду й супроводжувався, в основному, накопиченням та використанням рекомендацій та порад. У період машинного виробництва наука стає необхідною умовою його розвитку.

Наука в галузі машинобудування розвивається за двома напрямками: розроблення теорії проектування машин та розв'язання проблем їх виготовлення. Перший напрямок передбачає розробку деталей, вузлів та проведення натурних випробувань машин та конструкцій. В результаті узагальнення отриманого досвіду створюється наукова теорія основ проектування машин. Другий напрямок науки в галузі машинобудування забезпечує створення теоретичних основ окремих виробництв: ливарного, оброблення тиском, оброблення різанням, термічного оброблення тощо.

Одним із засновників школи машинобудування був механік, творець багатьох верстатів та машин А. К. Нартов (1693-1756 рр.), який у своїх працях узагальнив досвід того часу в конструюванні і технології виготовлення інструментів, верстатів та інших машин.

У 1807 р. професор Московського університету І. Двигубський видав книгу «Початкові підстави технології або короткий опис робіт, виконуваних на

заводах та фабриках», у якій так само, як і А. К. Нартов, узагальнив досвід технології виробництва машин на підприємствах .

Перші експериментальні та теоретичні дослідження процесу різання були виконані професором І. А. Тіме. Зокрема, ним розроблена теорія стружкоутворення при різанні, подано математичний опис цього процесу. Основи теорії різання він виклав у монографії 1870 р. «Опір металів і дерева різанню». І. А. Тіме насправді можна вважати основоположником технології машинобудування. Він створив першу капітальну працю «Основи машинобудування, організація машинобудівних фабрик у технічних та економічних відносинах й виконання на них робіт», що вийшла у 1885 р.

П. А. Афанасьєв, А. В. Гадолін, К. А. Зворикін, Я. Г. Усачов у 1880-1890 рр. продовжили дослідження І. А. Тіме, зробили наступний крок у розвитку науки про різання металів, заклали основи теорії металорізальних верстатів. Так, у 1876 р. академік А. В. Гадолін опублікував працю «Про зміни швидкостей обертання шпинделя в токарних та свердлильних верстатах», де була викладена теорія побудови рядів чисел обертів у геометричній прогресії. Ця теорія була прийнята верстатобудівниками усього світу й нею користуються донині. Праця професора А. Г. Гавриленка (1861-1914 рр.) «Технологія металів» довгі роки була основною під час навчання декількох поколінь вітчизняних інженерів .

До Великої Вітчизняної війни в колишньому СРСР на основі досягнень науки і техніки були створені цілі галузі машинобудування: авто-, тракторо-, авіа-, верстатобудування, побудовані нові великі заводи та реконструйовані старі. На підприємствах освоювалося виробництво нових машин, з'явилися нові оброблювані матеріали (леговані сталі, ковкий чавун, легкі сплави). У зв'язку з цим виникала велика кількість практичних та теоретичних питань, що стосувались процесу різання й це потребувало розширення науково-дослідницьких робіт в галузі різання металів. Створюються наукові лабораторії на заводах, галузеві науково-дослідні інститути. Цими інститутами разом із підприємствами була виконана велика робота з узагальнення результатів досліджень, створення нормативних матеріалів для розрахунку різального інструменту, режимів різання, металорізальних верстатів, розроблення технологічних процесів.

Будівництво значної кількості нових заводів зумовило необхідність підготовки великої кількості інженерів, техніків та кваліфікованих робітників. Для цього була значно збільшена мережа вищих навчальних закладів та технікумів. У даний час в освітні програми технічних університетів входять такі дисципліни, як «Різання металів», «Проектування різальних інструментів», «Технологія автомобілебудування», «Технологія тракторобудування», «Технологія верстатобудування». В наступні роки на підставі узагальнення досвіду роботи машинобудівних підприємств і розробок науково-дослідницьких інститутів був написаний ряд праць, що послужили базою для нової дисципліни «Технологія машинобудування».

В післявоєнні роки в машинобудуванні почалося освоєння нових турбін, двигунів, хімічних апаратів, атомних реакторів, ракетно-космічної техніки. Усі ці машини працюють у критичних умовах: за високих або низьких температур, у

агресивних середовищах тощо. У зв'язку з цим виникла необхідність оброблення деталей з нових, жароміцних, нержавіючих, ерозійно-стійких, немагнітних, тугоплавких та інших спеціальних сталей і сплавів. Ці сталі та сплави, як правило, мали не лише низьку оброблюваність, але й потребували нового підходу до вибору умов їх оброблення.

Ускладнення задач, що виникли перед наукою, потребувало подальшого розвитку комплексних методів дослідження. Для підвищення наукового рівня досліджень велике значення мало використання досягнень суміжних наук: теорії пластичності, теорії пружності, теорії теплопередачі, фізики та хімії, рентгеноструктурного аналізу. Істотну роль відіграло й використання нової апаратури, такої як електронний мікроскоп та обчислювальна техніка. Виконані дослідження дозволили науково обґрунтувати вибір методів та засобів оброблення вказаних вище сталей і сплавів, удосконалити інструментальні матеріали, отримати нові змащувально-охолоджувальні рідини, розробити конструкції верстатів та пристосувань.

Фундаментальні дослідження в галузі фізики високих тисків дозволили розв'язати проблему синтезу надтвердих матеріалів: алмазу та кубічного нітриду бору (ельбору) і в середині 1960-х років організувати виробництво різноманітних інструментів з цих матеріалів (як абразивних, так й лезових). В результаті досліджень були виявлені галузі та режими, для яких оброблення інструментом із надтвердих матеріалів є досить ефективною й економічно доцільною. Установлено, що алмазні абразивні інструменти (шліфувальні круги) доцільно використовувати на операціях заточування твердосплавного інструменту та шліфування деталей з твердих сплавів. Абразивний інструмент з ельбору через високу вартість отримав застосування в основному лише при остаточному шліфуванні та заточуванні інструменту зі швидкорізальних сталей. Лезові інструменти на основі синтетичного алмазу використовують при обробленні титанових та алюмінієвих сплавів, склопластиків та пластмас, твердих сплавів. На основі кубічного нітриду бору для виробництва лезового інструменту створені матеріали, що одержали назву «композит». Ефективною областю застосування інструментів з композитів є тонке й чистове точіння, фрезерування без ударів деталей із загартованої сталі твердістю 55-70 НЯС та чавунів будь-якої твердості.

У практиці машинобудування має місце широке застосування обчислювальної техніки при проектуванні технологічних процесів та моделюванні процесів механічного оброблення, а також автоматизація програмування оброблення на верстатах з ЧПК. Створюються системи автоматизованого проектування технологічних процесів (САПР ТП). Велика увага з 90-х років минулого століття приділяється питанням раціонального використання робототехніки при автоматизації технологічних процесів й створенні гнучких автоматизованих виробничих систем на базі використання ЕОМ, автоматизації міжопераційного транспортування та накопичення деталей, активного й пасивного контролю точності деталей на поточно-автоматизованих лініях.



### 3.4. Шляхи сучасного розвитку техніки і технології машинобудування

Як показує розвиток промислового виробництва останніх років, в галузі технології машинобудування намітилися такі основні напрямки :

- дослідження впливу методів оброблення на фізико-хімічний стан металу поверхневого шару оброблюваних заготовок, його дислокаційну будову, розміри кристалічних блоків, експлуатаційні властивості та надійність машин;
- вивчення технологічної спадковості й зміцнювальної технології;
- розроблення методів оптимізації технологічних процесів за точністю, що досягається продуктивністю й економічною ефективністю за умови забезпечення високих експлуатаційних якостей та надійності машин;
- створення систем автоматизованого керування ходом технологічного процесу з його оптимізацією за всіма основними параметрами виготовлення та за установленими експлуатаційними якостями;
- створення гнучких автоматизованих виробничих систем на базі комп'ютерів та верстатів з ЧПК;
- удосконалення технологічних процесів складання, зокрема в напрямку їх автоматизації;
- розроблення та широке впровадження у виробництво маловідходних і ресурсозберігаючих технологій.

Розвиток технології машинобудування на сучасному етапі дозволить здійснити перехід до масового застосування високоефективних систем машин та технологічних процесів, що забезпечують комплексну механізацію й автоматизацію виробництва.

Проблема ресурсозбереження є важливою для машинобудування, оскільки витрати на метал у структурі собівартості виробу сягають 60-80%.

Основними методами ресурсозбереження в машинобудуванні є :

- зниження питомої маси виробів;
- підвищення коефіцієнта використання матеріалів;
- збільшення терміну служби виробів.

Тому основний упор у розробленні ресурсозберігаючих технологій робиться на заготівельне виробництво, а також на зміцнювальні технології та методи. Розглянемо деякі з них .

1. Холодне штампування деталей з листового прокату, що забезпечує анізотропію механічних властивостей. Дана технологія може застосовуватись для виготовлення циліндрів амортизаторів, приводів зчеплення, гідронасосів, газових балонів й передбачає комбіноване витягування, що супроводжується одночасною зміною діаметра заготовки та товщини її стінки. Технологія дозволяє: у 2-3 рази збільшити ресурс роботи виробів; у 1,3-1,5 рази зменшити металоємність виробів; у 3-5 разів знизити працемісткість виробництва.

2. Нові методи зміцнення деталей на основі комбінованого застосування електро-плазмо-хімічних та деформаційних технологій. Одним з таких методів є зміцнення покриттів електроерозійним синтезом (ЕЕС) та поверхневим пластичним деформуванням (ППД). Сутність методу ЕЕС полягає в нанесенні на деталь спеціальної екзотермічної суміші п'яти порошків металів та неметалів із

органічними сполуками з подальшим іскровим обробленням імпульсним струмом. ЕЕС-покриття використовується для зміцнення кінематичних пар тертя з обмеженою кількістю мастильного матеріалу, для різальних інструментів, прес-форм, штампів, деталей, які працюють в умовах абразивного зношування (деталі механізму газорозподілу двигуна внутрішнього згорання, системи керування, шарові опори тощо).

3. Зміцнення поверхневого шару алюмінієвих деталей мікродуговим оксидуванням (МДО) в режимі імпульсного біполярного струму. Суть технології полягає в тому, що на сталеву деталь газополум'яним напилюванням наноситься алюмінієве покриття, яке потім обробляється точінням і перетворюється в оксид алюмінію методом МДО. Сфера застосування технології – деталі, що піддаються впливу високих температур, ерозії й абразивному зношуванню.

4. Складання з використанням клеїв та адгезійних матеріалів. Такі технології дозволяють знизити собівартість та працемісткість складання, поліпшити якість виробів.

5. Оброблення надзвуковим струменем рідини. Подібна технологія, що є гідрорізанням з шириною зрізу 0,1-0,8 мм, дозволяє знизити відходи матеріалу в стружку порівняно з традиційним різанням у 15-20 разів. Умови оброблення при цьому не здійснюють негативного впливу на оброблюваний матеріал та його фізико-механічні властивості. Процес оброблення може бути цілком автоматизований.

### 3.5. Основні поняття в машинобудуванні

Під терміном «**машина**», зазвичай, розуміється механізм або поєднання механізмів, що здійснюють доцільні рухи для перетворення енергії або виконання корисної роботи. За призначенням розрізняють два типи машин: енергетичні машини для перетворення одного виду енергії в інший та робочі машини, за допомогою яких реалізується зміна форми, властивостей й положення об'єкту праці.

Машини, їх деталі та вузли, а також заготовки деталей в процесі виробництва є **виробами**. Стандартом установлені такі види виробів: заготовка, деталь, складальна одиниця, складальний комплекс та комплект.

**Заготовка** – виріб, з якого в результаті зміни форми, розмірів, шорсткості поверхонь та властивостей матеріалу отримують деталь чи суцільну складальну одиницю.

**Деталь** – це виріб, який виготовляють без складальних операцій, наприклад, вал, шестерня, гайка тощо.

**Складальна одиниця** – виріб, частини якого з'єднуються між собою внаслідок виконання складальних операцій (згвинчування, склеювання, зварювання, запресовування, зшивання, розвальцьовування, заклепування), наприклад, електродвигун, муфта, зварена ферма чи корпус.

**Комплекс** – дві або більше складальні одиниці, що з'єднані між собою на заводі при виконанні складальних операцій та призначені для виконання взаємопов'язаних експлуатаційних функцій.

**Комплект** – два або більше виробів, не з'єднаних між собою та призначених для виконання однакових функцій допоміжного характеру (запчастини, інструмент, пристрої, комплект вимірювальної апаратури).

**Виробничий процес** – це сукупність усіх дій, людей та знарядь виробництва, пов'язаних з переробленням сировини й напівфабрикатів у вироби на даному підприємстві. Виробничий процес заводу містить у собі операції одержання та зберігання матеріалів, напівфабрикатів, комплектувальних виробів, виготовлення заготовок деталей, оброблення заготовок (різанням, пластичним деформуванням), транспортування заготовок, деталей, складальних одиниць, їхнього зберігання на складах, контроль, складання, випробовування, регулювання, фарбування, маркірування, упакування.

**Виробничий цикл** – це відрізок часу від моменту початку виготовлення виробу до відправлення його замовнику.

**Технологічний процес** – це частина виробничого процесу, що супроводжується зміною форми, розмірів, властивостей матеріалу або напівфабрикату для одержання виробу відповідно до заданих технічних вимог. Частинами технологічного процесу, залежно від використовуваного методу його виконання, є оброблення різанням або тиском, складання (зварювання, паяння, склепування), вузлове складання, загальне складання тощо.

Засобами виконання технологічного процесу є **технологічне обладнання** (верстати, промислові роботи) та **технологічне оснащення** (інструменти, пристосування, контрольні прилади).

Весь процес механічного оброблення містить у собі окремі складові частини: операції, переходи, установи, ходи.

**Операцією** називається безперервна у часі, закінчена частина технологічного процесу виготовлення деталі, виконувана на одному робочому місці одним або декількома робітниками, за допомогою однієї або декількох одиниць автоматизованого або автоматичного обладнання. Операція є основним розрахунковим елементом у виробництві. По ній визначають оплату праці робітників, номенклатуру та кількість потрібного обладнання, різального і допоміжного інструменту, допоміжних матеріалів.

**Робоче місце** – частина виробничого приміщення, у якій розміщені виконавці роботи, технологічне та допоміжне обладнання, оснащення, а також (на обмежений час) предмети виробництва.

**Технологічний перехід** – закінчена частина технологічної операції, що характеризується незмінністю застосовуваного інструменту та поверхонь, які утворюються в результаті оброблення або з'єднуються під час складання. Зміна лише одного з перерахованих елементів визначає новий перехід.

**Робочим ходом** називається частина переходу, що є одноразовим переміщенням інструменту відносно заготовки, супроводжуване зміною її форми, розмірів, шорсткості поверхні або властивостей.

При виконанні операції заготовку, зазвичай, встановлюють та закріплюють кілька разів, тобто операція складається з декількох установів.

**Установом** називається частина технологічної операції, виконувана при незмінному закріпленні оброблюваних заготовок або складальної одиниці.

Під **позицією** розуміють кожне окреме положення заготовки, яке вона займає відносно верстата при незмінному закріпленні.

**Технологічний цикл** є відрізком часу, що містить у собі тривалість повного оброблення заготовки, час її пролежування між операціями та час на контроль деталі до подачі її на склад.

**Технічна норма часу** під час оброблення заготовки – час, необхідний та достатній для виконання заданої операції.

Залежно від конструктивних параметрів виробів, їх кількості, а також технічних й економічних умов здійснення виробничого процесу, розрізняють три основні типи виробництва: одиничне, серійне, масове.

Потрібно зазначити, що на одному й тому самому підприємстві і навіть у одному цеху можуть здійснюватись різні типи виробництва. Наприклад, у важкому машинобудуванні, що в цілому належить до одиничного виробництва, дрібні деталі, які потрібні у великій кількості, можуть виготовлятися в умовах серійного або навіть масового виробництва.

**Одиничним** називається виробництво, на якому однакові за конструкцією і (або) розмірами вироби виготовляють у декількох екземплярах, після чого відбувається зміна номенклатури виробів. Одиничне виробництво є універсальним, оскільки в його умовах можуть виготовлятися різні типи виробів. Тому, воно має бути гнучким й швидко переналагоджуваним.

Для одиничного виробництва характерні такі ознаки:

- використовується універсальне обладнання;
- обслуговуючий персонал високої кваліфікації;
- значна тривалість, високі точність та вартість оброблення.

**Серійним** називається виробництво, на якому випуск однотипних за конструкцією й однакових за розмірами виробів здійснюється партіями або серіями, що виготовляються одночасно. Залежно від кількості виробів та їх повторюваності протягом року серійне виробництво додатково поділяють на дрібно-, середньо- та великосерійне. Дрібносерійне виробництво наближається за організацією до одиничного, а великосерійне – до масового. Більш точно тип виробництва визначається на підставі коефіцієнта  $k_3$  закріплення операцій – відношення кількості всіх технологічних операцій, виконаних, або, що підлягають виконанню протягом місяця, до кількості робочих місць. Для дрібносерійного виробництва значення  $k_3$  знаходиться в межах 20-40, для серійного –  $k_3 = 10-20$ , для великосерійного –  $k_3 = 1-10$ . У серійному виробництві робочі місця мають широку спеціалізацію, тому на них використовуються, в основному, верстати з ЧПК. Серійне виробництво ефективніше за одиничне, оскільки обладнання є більш завантаженим, вища спеціалізація робітників, нижча собівартість продукції.

**Масовим** називається виробництво, на якому у значних кількостях на вузькоспеціалізованих робочих місцях випускаються вироби вузької номенклатури з практично безперервним виконанням одних і тих самих операцій. Для масового виробництва характерні такі основні ознаки:

- на лінії оброблення має місце безперервне переміщення заготовок від одного робочого місця до іншого;

- використовується спеціалізоване або спеціальне обладнання з високим ступенем автоматизації;
- низька працемісткість та вартість оброблення;
- порівняно короткий технологічний цикл.

Коефіцієнт  $k_3$  у масовому виробництві дорівнює одиниці. З'являється можливість здійснення значних витрат на обладнання, оскільки вони швидко окупаються. Тому широко використовується високопродуктивне автоматизоване обладнання та складне технологічне оснащення.

Якщо технологічний процес розділений на прості операції, виконувани послідовно на одному верстаті, то він називається **диференційованим**. Диференціація застосовується на окремих етапах складного виробництва при недостатньому оснащенні його спеціальним устаткуванням, відсутності кваліфікованих робітників тощо.

Якщо одночасно (паралельно) виконується значна кількість переходів в одній операції, то таку організацію роботи називають **концентрацією технологічного процесу**.

**Технологічність виробу** характеризується витратами часу, енергії та матеріалів на його виготовлення та складання. Для заготовки технологічність визначається ступенем наближення її форми та розмірів до форми й розмірів готової деталі.

Показники технологічності виробів можна розділити на три групи: якісні, кількісні та допоміжні. До якісних показників відносять простоту конструкції виробу, простоту його складання та регулювання, застосовувані при цьому матеріали, конструктивні форми деталей й способи одержання заготовок виробу. Основні кількісні показники – це працемісткість та собівартість виготовлення, маса виробу, його вузлів і деталей. До допоміжних показників відносять ступені стандартизації, нормалізації та уніфікації вузлів і деталей виробу.

**Собівартість виготовлення виробу** найбільш повно характеризує технологічність конструкції і визначається за формулою

$$C_e = M + Z + H,$$

де  $M$  – вартість матеріалів, з яких виготовляється виріб;

$Z$  – заробітна плата виробничих робітників;

$H$  – накладні витрати (на утримання та ремонт виробничих будівель й обладнання, соціальні відрахування, зарплату керівникам підприємства).

Замість маси виробу в якості показника технологічності конструкції може використовуватись **коефіцієнт використання матеріалу**, який визначається відношенням маси виробу до маси матеріалу, витраченого на його виготовлення.

Загальна працемісткість виготовлення виробу визначається сумуванням працемісткості виготовлення його окремих деталей та їхнього складання.

**Коефіцієнт технологічності виробу** за працемісткістю його виготовлення визначається за формулою

$$K_m = T_d / T_o,$$

де  $T_d$  – працемісткість виготовлення виробу, досягнута у результаті впровадження нових конструкторсько-технологічних заходів на підприємстві;  
 $T_b$  – базова працемісткість виготовлення виробу з використанням відомих технологій та оснащення.

Підвищення технологічності виробу досягається також застосуванням в його конструкції максимально великої кількості уніфікованих (однакових за формою та розмірами) складальних одиниць і деталей. Загалом під **уніфікацією** розуміється узагальнення конструктивних рішень без оформлення спеціального документу.

**Нормалізація** – узагальнення конструктивних рішень у вигляді внутрішньозаводських та відомчих нормалей (максимально широке використання в конструкції виробу деталей, форма й розміри яких відповідають стандартам підприємства або галузі).

**Стандартизація** – узагальнення конструктивних рішень, зафіксованих у державних стандартах. При використанні уніфікованих складальних одиниць та деталей скорочується час на проектування виробів, значно зменшується працемісткість і собівартість їх виготовлення та складання, що зумовлено використанням високопродуктивного обладнання і стандартизованого інструменту.

**Коефіцієнт уніфікації** можна визначити за формулою:

$$K_y = n_y / N,$$

де  $n_y$  та  $N$  – відповідно кількість уніфікованих деталей та загальна кількість деталей у конструкції виробу.

### **3.6. Загальні відомості про проектування, конструювання і технологію**

Коли будь-яке промислове підприємство розпочинає виготовлення нового виробу, все повинно бути наперед ретельно продумано, запроектовано, перевірено та випробувано. Нові вироби розробляє інженерно-технічний персонал шляхом проектування та конструювання. Проектування і конструювання є процесами взаємопов'язаними і такими, що взаємно доповнюють один одного. Конструктивна форма об'єкта уточнюється за допомогою методів проектування – виконанням розрахунків експлуатаційних параметрів, на міцність та надійність, оптимізацією проектних рішень. Проектування можливе лише для попередньо прийнятих варіантів конструктивного виконання об'єкта. Часто ці два процеси не розділяють, бо вони виконуються фахівцями однієї професії – інженерами-конструкторами. Однак проектування і конструювання – процеси різні.

Інженерне проектування – це неперервний процес, в якому наукова та технічна інформація використовується для створення нового пристрою, машини або системи, що дають суспільству певну користь. Проектування передуює конструюванню і є пошуком науково обґрунтованих, технічно здійсненних та екологічно доцільних рішень. Результат проектування – проект об'єкту, який створюється. Проект, тобто технічна документація, виконаний у результаті

проектування, обговорюється, аналізується, корегується і приймається як основа для подальшого опрацювання.

Конструювання – створення конкретної однозначної конструкції об'єкта згідно з проектом. Конструкція – це будова, взаємне розміщення частин будь-якої деталі, машини, приладу, які визначаються їх призначенням. Конструкція передбачає спосіб з'єднання, взаємодію частин, а також матеріал, з якого виготовляються окремі елементи. Конструювання базується на результатах проектування і уточнює всі інженерні рішення, прийняті при проектуванні.

Проектування і конструювання мають одну мету – створення нового виробу, який ще не існує або існує в іншій формі і має інші розміри. Проектування і конструювання – це види розумової діяльності людини, пов'язані зі створенням конкретного об'єкта. При цьому об'єкт зазнає певних перетворень (перестановка складових частин, заміна їх іншими елементами чи надання їм іншої форми). Одночасно ведеться оцінка ефекту внесених змін, визначається вплив змін на кінцевий результат. Об'єкт проектування створюється до відповідно до загальних принципів логічного мислення і набуває згодом кінцевої, технічно обґрунтованої форми та будови.

Створення конструкцій нових виробів не завжди під силу одній людині. Тому часто для вирішення таких задач створюються спеціальні організації – конструкторські бюро.

З чого ж починається робота з створення нової машини? Звичайно, із завдання: конструкторське бюро повинно отримати від замовника технічні вимоги. В них повинно бути вказано призначення машини, її продуктивність, умови, в яких вона буде працювати, розміри, масу та деякі інші дані. На основі цих вимог розробляється технічне завдання на розроблення, яке узгоджується із замовником. Технічне завдання є головним завданням для конструкторів, оскільки воно визначає цілі і задачі їх роботи. Після видачі завдання необхідно ретельно вивчити вже існуючі подібні машини і технології їх виготовлення. Після цього можна приступати до детальної розроблення деталей машини. Правда, розробляти потрібно далеко не всі деталі – багато з них уже виготовляються різними заводами у великій кількості. На них вже є готові креслення, описи, технічні умови або стандарти, за якими конструктор може підібрати необхідні елементи. Такі деталі, які використовуються в новій машині, називаються комплектуючими.

Проте, нову машину неможливо створити лише з уже освоєних виробництвом виробів і деталей. Багато з них необхідно конструювати заново. Але і в цьому випадку конструктор повинен дотримуватися певних вимог. Перш за все це вимоги взаємозамінності. Це означає, що деталі від однієї машини повинні підходити до інших машин того ж сімейства.

Не менш важливо використовувати однакові деталі і навіть цілі вузли в різних машинах, які розробляються в одному конструкторському бюро. Наприклад, для ряду близьких за конструкцією металорізальних верстатів застосувати однакові коробки передач, ходові гвинти, затискачі, штурвали тощо. Такі вузли і деталі називаються уніфікованими.

Далі потрібно обґрунтовано вибрати матеріал для різних деталей машини,

виконати їх такої форми, щоби їх можна було зручно виготовляти, тобто зробити їх, як кажуть інженери, технологічними. Потрібно також забезпечити міцність конструкції, надійність роботи її механізмів. Не можна також забувати про охорону праці і техніку безпеки. Не менш важливими є вимоги технічної естетики.

Нарешті, коли все розроблено, ескізи перетворюються спочатку в технічний проект, а потім в детальні креслення. За ними виготовляють один або декілька дослідних екземплярів машин, які піддаються випробуванням. Після проведення випробувань усуваються всі виявлені недоліки, в креслення вносяться відповідні уточнення, потім вони готуються для передачі заводам, які будуть виготовляти нові машини.

Слово «технологія» походить від двох грецьких слів: τέχνη (техно) – «мистецтво», «майстерність» і λόγος (логос) – «поняття», «вчення». Перші відомості про технологічні процеси з'явилися в середині ХУІІ століття, коли виникла необхідність дотримання технологічної дисципліни при виробництві масової продукції, головним чином зброї. В наш час технологія стала дуже широкою і багатогранною галуззю науки – вона вивчає і розробляє виробничі способи отримання та оброблення різноманітних матеріалів, виготовлення і складання численних машин та виробів.

Зокрема, є технологія отримання сірчаної кислоти, технологія виплавляння сталі, випікання хліба, виготовлення взуття, оброблення матеріалів тощо. Кожне виробництво працює за своєю технологією, і в більшості випадків ця технологія складається з суми технологій різних виробничих процесів.

Візьмемо, наприклад, завод, на якому виготовляються певні машини. Таке виробництво пов'язане, в першу чергу, з обробкою металів різанням. В цьому випадку технологія вивчає та розробляє способи оброблення металів на металорізальних верстатах – токарних, фрезерних, свердлильних тощо. На цих верстатах заготовкам надають заданої форми – перетворюють їх в готові деталі. Крім того, на багатьох машинобудівних заводах можна зустрітися з технологією ливарного виробництва – вона займається питанням лиття деталей з розплавленого металу. Технологія термічного оброблення визначає, як обробляти метали шляхом нагрівання та охолодження. При цих процесах форма виробу не змінюється, зате змінюються фізичні властивості матеріалу – його міцність, твердість, пружність. Який саме спосіб застосувати при виготовленні та обробленні тієї чи іншої деталі – повинен вибрати технолог. При вирішенні цих задач технолог в першу чергу орієнтується на те, скільки деталей потрібно виготовити, оскільки технологія виробництва в окремих цехах і на заводі в цілому залежить від кількості деталей, які виготовляються.

Проілюструємо це прикладом. Нехай в прямокутній пластині необхідно просвердлити отвір. В звичайних умовах на пластині насамперед намічають центр майбутнього отвору, а потім на свердлильному верстаті свердлять отвір. Але така технологія придатна лише для таких умов, коли виготовляється одна чи кілька таких пластин. Якщо ж їх буде багато (десятки, сотні, тисячі), то такий спосіб виготовлення вже не є раціональним – занадто багато часу буде затрачено робітником на розмітку деталей.

Технологи цю задачу вирішують так – вони відмовляються від розмітки



деталі і виготовляють спеціальний пристрій – кондуктор. Робітник вставляє деталь в кондуктор, в якому є направляюча втулка для свердла, і без розмітки свердлить отвір в деталі. Також можна використати кондуктор відразу для декількох деталей – це ще більше прискорить роботу.

Іноді виявляється більш вигідним не використовувати універсальні різці чи фрези, придатні для виконання різних робіт, а виготовити спеціальний ріжучий інструмент, призначений для виконання лише певних операцій.

Набір спеціальних кондукторів, штампів, інших пристроїв, інструментів, необхідних для закріплення, подачі та контролю заготовок і деталей, називається технологічним оснащенням. Його створюють на заводі, готуючись до виробництва нових машин. А яким повинно бути це оснащення і які режими оброблення застосувати – вирішують технологи. На кожную деталь вони розробляють технологічну документацію, в якій вказується послідовність всіх операцій, режими оброблення, обладнання та оснащення, а також маршрут переміщення деталі з цеху в цех.

Дуже часто одного лише виготовлення деталей недостатньо. В більшості випадків з окремих деталей необхідно скласти готовий вузол чи машину. Технологія складання також залежить від кількості виробів. Автомобіль, наприклад, можна скласти на невеликому майданчику, а якщо необхідно виготовляти сотні тисяч автомобілів у рік, для складання відводять цілі цехи з конвеєрними лініями.

Залежно від кількості машин, які виготовляються, в машинобудуванні розрізняють три основних види виробництва – індивідуальне, серійне та масове, і кожне з них має свою технологію.

Технологія виготовлення невеликих електричних двигунів, які виробляються тисячами, відрізняється від технології виготовлення, наприклад, літаків, отже, відрізняються один від одного і заводи, які виготовляють ці машини, обладнання, яке для цього використовується, а також організація виробництва, і розташування обладнання. Все підпорядковується технології, а тому, можна зробити висновок, що технологія – це основа виробництва, без якого в наш час не може розвиватися сучасна промисловість.

## 4. СПОСОБИ ВИРОБНИЦТВА ЗАГОТОВОК ДЕТАЛЕЙ МАШИН

### 4.1. Одержання литих заготовок

Лиття є одним із широко розповсюджених у машинобудуванні методів одержання виробів, в тому числі заготовок та деталей досить складної конфігурації, які за допомогою інших методів одержати важко або неможливо. У сучасному машинобудуванні близько 60 % заготовок деталей машин виробляють методом лиття. У процесі лиття інструментом, який створює конфігурацію одержуваної заготовки, є форма, в яку заливають рідкий метал до його затвердіння. Конфігурація та розміри внутрішніх поверхонь форм відповідають конфігурації і розмірам заготовки.

Процес лиття представляє собою заповнення розплавленим металом порожнини термостійкої виливниці, що має форму готової деталі. Для одержання внутрішньої порожнини в майбутньому виробі у виливниці встановлюється стержень.

Процес лиття передбачає виконання таких послідовних етапів:

- виготовлення моделі виробу;
- виготовлення форми і стержнів, складання форми;
- плавлення і рафінування металу;
- розливання металу у форми;
- охолодження виливка;
- виймання металевого виливка з форми і звільнення його від стержня;
- видалення зайвого металу з отриманого виливка.

Основні принципи ливарної технології за тисячі років змінилися незначно. Проте, цілий ряд її процесів стали механізованими, а окремі – автоматизованими. На зміну дерев'яним моделям прийшли металеві і пластмасові, розроблені нові матеріали для виробництва стержнів і форм, застосовується широкий діапазон сплавів. Найбільше відомий ливарний процес – лиття чавуну в піщано-глиняні форми.

Чавун, сталь, латунь і бронза – традиційні для лиття сплави. У найкрупнішому секторі ливарної промисловості виготовляють виливки із сірого чавуну і чавуну із кулеподібним графітом. У цехах з виробництва сірого чавуну використовується передільний чавун (нові чушки) для виготовлення стандартних чавунних виливків. У цехах з виробництва чавуну із кулеподібним графітом у ковші з розплавленим металом перед його розливанням додають магній, церій або інші присадки (часто називані ковшовими присадками).

Іншу частину ливарного сектора чорної металургії займає виробництво сталі і ковкого чавуну. Головні замовники найбільших заводів чорної металургії – автомобільна і будівельна промисловість, виробництво сільськогосподарських машин та знарядь. Кількість робітників, зайнятих у чавуноливарному виробництві, скорочується в міру того, як зменшуються розміри блоків циліндрів двигунів і з'являється можливість відливати їх у одній формі, а також у зв'язку з витісненням ливарного чавуну алюмінієм.

У виробництві кольорових металів (особливо з алюмінієвих сплавів) і литті під тиском зайнята значна кількість робітників. Латунне виробництво (як загального профілю, так і з випуску сантехнічного устаткування) скорочується.

У останні роки в ливарному виробництві використовуються титан, хром, нікель, магній і навіть такі високо токсичні метали такі, як берилій, кадмій і торій.

Хоча можна припускати, що металолivarна галузь виникла при переплавленні матеріалу у виді болванок або чушок, процеси лиття чавуну і сталі на великих заводах можуть бути настільки інтегрованими, що розподіл стає менше очевидним. Наприклад, доменна піч, що випускає вироби для комерційних цілей, може бути переведена на випуск передільного чавуну, але на інтегрованому підприємстві певна частина чавуну йде на одержання виливків (беручи участь у такий спосіб у ливарному процесі), а інша – на виготовлення сталі (при цьому ймовірна аналогічна картина: існує сталеливарне виробництво, відоме як формування болванок). У звичайному чавуноливарному виробництві переплавлення чушкового чавуну включає також рафінування. У ливарному виробництві кольорових металів часом необхідне додавання металів та інших речовин, що складає процес легування.

У чавуноливарній справі в основному застосовуються форми із суміші кременистого піску та глини. Рідше використовуються стержні, традиційно виготовлені із суміші кремнієвого піску та рослинних олів або цукрового піску. Розроблено також нові методи виробництва форм і стержнів.

Технологічний процес одержання виливка полягає в наступному. У відповідності до креслень створюється модель кінцевого металевого виливка. Таким самим способом виготовляються стержні, необхідні для одержання внутрішньої конфігурації готового виробу. Лиття в піщані форми – найбільш широко використовуваний метод, але застосовуються й інші прийоми. До них відносяться наступні: кокільне лиття з використанням чавунних або сталевих форм; лиття під тиском (розплавлений метал – часто легкий сплав – подається в металеву виливницю під тиском 70...7000 МПа); лиття за моделями, що виплавляються (для кожного виливка виготовляється воскова модель, що покривається вогнетривким матеріалом, – вона стає формою). Для одержання алюмінієвих виливків використовуються разові шаблони зі спіненого полістиролу в піщано-глиняній суміші.

Метали або сплави підготовляються в печі – вагранці, карусельній, відбивній, тигельній, електродуговій, індукційній електричній каналного типу або індукційній тигельній (див. таблицю 4.1).

Розплавлений метал заливають в зібрану форму або з ковша, або безпосередньо з печі. Після охолодження металу форма і стержневий матеріал видаляються і виливок очищається й обробляється (видалення ливників і випарів, дробоструменеве очищення, гідроструменеве очищення, а також інша абразивне оброблення). У окремих випадках виливки піддаються остаточному доопрацюванню за допомогою зварювання, термооброблення або фарбування.

Таблиця 4.1 – Типи ливарних печей

Піч	Опис
Вагранка	Висока вертикальна піч, відкрита зверху і з відкидним днищем. Вона завантажується шарами коксу, вапняку і металу, які чергуються, розплавлений метал виливається з нижньої частини.
Електродугова піч	Завантажується болванками, металобрухтом, сплавами металів та флюсом. Дуга, що розплавляє метал, виникає між трьома електродами і шихтою. Поверхня розплавленого металу покрита шлаком із флюсом для запобігання окислення металу і захисту верхньої частини печі від перегріву. Після завершення процесу електроди піднімаються, а піч нахиляється для виливання готового сплаву у ківш.
Індукційна піч	Метал у ній розплавлюється внаслідок проходженні сильного струму через мідну обмотку зовні печі, у результаті чого шихта нагрівається до температури плавлення. Розплавлення металу відбувається від зовнішніх шарів шихти усередину.
Тигельна піч	Тигель, у якому знаходиться шихта, нагрівається газовим або мазутним пальником. Після доведення сплаву до готовності тигель піднімається з печі і нахиляється для розливу у форми.
Карусельна піч	Довга похила обертова циліндрична піч, що завантажується зверху і розігрівається в нижній частині.
Піч каналного типу	Різновид індукційної печі.
Відбивна піч	Горизонтальна піч, що складається з гірки, відділеної від шихти перевальною стіною (що називається полум'яним порогом), і труби на іншому кінці. При цьому, контакт металу з твердим паливом не відбувається. Над гіркою і шихтою – змонтовано аркове склепіння. На своєму шляху від гірки до труби полум'я нагріває метал, розплавлюючи його.

Чавуноливарне виробництво. Схематично чавуноливарний завод складається з таких шести дільниць: металоплавильної і металорозливної; модельної; формувальної; стержневої; вибивних решіток/вибивання вставних постійних стержнів; очищення виливків.

На багатьох заводах майже всі процеси можуть виконуватися одночасно або послідовно в одній і тій самій робочій зоні.

У стандартному виробництві чавун проходить такі операції: плавлення, розливання, охолодження, вибивання, очищення і відвантаження у якості кінцевої продукції. Цикл операцій із піском складається з підготування

формувальної суміші, формування, вибивання і знову підготування суміші. Чавуноливарна промисловість у значній мірі пов'язана з плавленням і рафінуванням металу у вагранках. Вагранки зазвичай встановлюються парами або групами, щоб дільниця не простоювала під час ремонту однієї з печей. Період експлуатації кожного агрегату залежить від стійкості вогнетривкого матеріалу і технічних умов.

Зібрана форма переміщається конвеєром до дільниці заливання. Заливання проводиться з ковша вручну з використанням механічного пристосування, із ковша, керованого з кабіни, або може бути автоматичним. Заповнена форма проходить на конвеєрі через охолоджувальний тунель із витяжною вентиляцією до вибивної решітки. У невеликих майстернях форми заливаються на підлозі, там само відбувається вигоряння елементів.

Виробничий процес на сталеливарній дільниці аналогічний процесу на чавуноливарній; проте температура сталі значно вища.

Лиття легких сплавів. У алюмінієвому і магнієвому ливарному виробництві плавлення часто проводиться в тигельних печах. При литті алюмінію у якості флюсу широко використовується флюорит. Для магнієвих сплавів як флюс застосовують хлорид барію.

Найбільш поширений метал для литва під тиском – алюмінієві сплави.

Такі вироби для автомобілебудівної промисловості, як стандартні елементи хромованої оздобы, представляють собою продукцію цинкового литва під тиском, плаковану міддю, нікелем і хромом.

Прецизійне ливарне виробництво засноване на застосуванні вогнетривких сумішей або литва по воскових моделях, що виплавляються. Моделі виготовляються за допомогою впорскування формувального воску у штамп.

Вони покриваються тонким вогнетривким порошком, що контактує з поверхнею форми. Віск виплавляється перед литтям або в процесі самого литва.

На рисунку 4.1 подано схему одержання вилки втулки 1 у піщано-глиняні форми. Для виготовлення форми необхідна дерев'яна модель 2, виконувана рознімною за площиною, що проходить через вісь симетрії. Стержень 3 для одержання у заготівці отвору також виготовляється з формувальної суміші у формі 4. Основна ливарна форма 5 складається з двох половин – верхньої В і нижньої Н, виготовлених у двох металевих опоках –

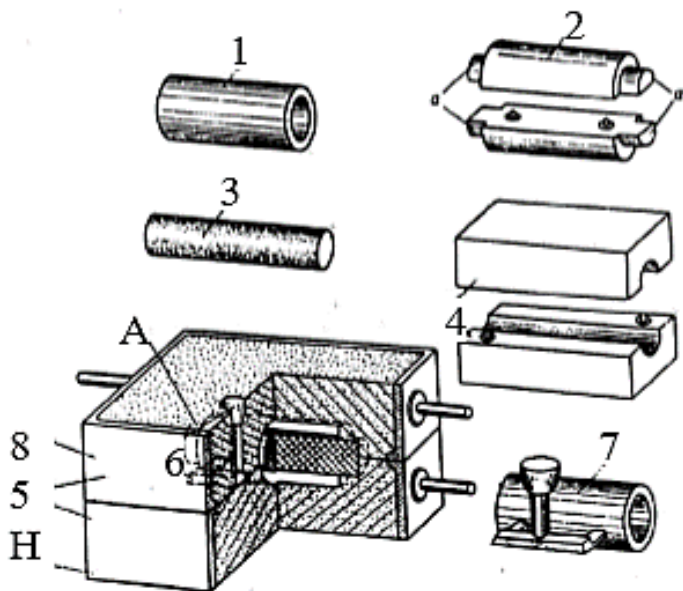


Рисунок 4.1 – Схема лиття у піщаноглиняні форми: 1 – заготовка; 2 – модель; 3 – стержень; 4 – форма для одержання стержня; 5 – основна ливарна форма; 6 – ливникова система; 7 – виливок

пристосуваннях для утримання формувальної суміші. У складеній формі одержують порожнину, що відповідає конфігурації заготовки, яка відливається. Рідкий метал, одержуваний у плавильних печах, заливають у порожнину форми через канали ливникової системи 6. Після затвердіння металу у формі і подальшого видалення (вибивання) останньої маємо вилівок 7 з ливниковою системою. Спосіб лиття в піщані форми має такі недоліки: форму використовують тільки один раз, вилівки, що одержують мають низьку точність та великі припуски на обробку. Припуск – шар металу, що видаляється із заготовки під час її обробки різанням або тиском для одержання деталі. Для усунення вказаних недоліків розроблені прогресивні способи лиття: у металеві форми, відцентрового, під тиском, в оболонкові форми тощо.

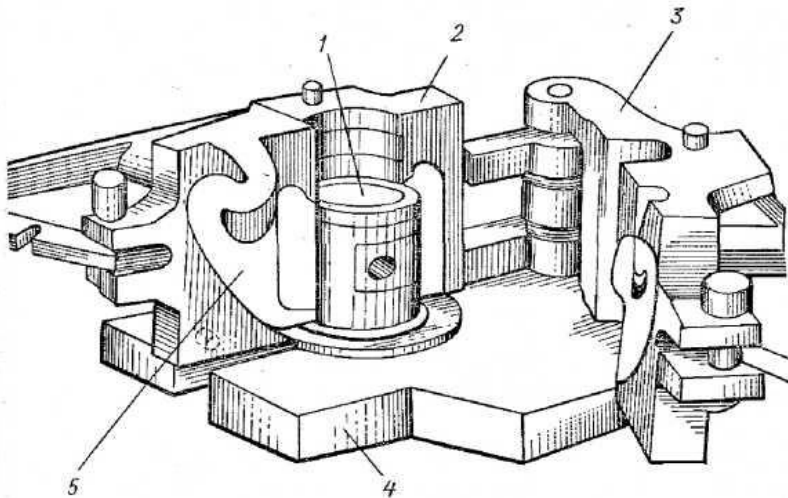


Рисунок 4.2 – Металева форма для виготовлення поршня:

1 – заготовка (поршень); 2,3,4 – частини форми; 5 – ливникова система

Лиття в металеві форми (кокілі) (рисунок 4.2) набуло широкого застосування, оскільки при цьому досягається підвищена точність розмірів, знижується шорсткість поверхні, поліпшується якість металу, усувається необхідність приготування формувальної суміші, з'являється можливість багаторазового застосування форм. Так, під час виробництва алюмінієвих вилівок масою до 1 кг сталеві кокілі витримують до 50 000 заливань, чавунні кокілі для

вилівок з чавуну – до 5 000 заливань. Відцентровий спосіб лиття (рисунок 4.3) полягає в заливанні металу у форму, що обертається навколо горизонтальної або вертикальної осі. У результаті впливу на метал відцентрових сил останній відтискається до периферійної частини форми при цьому утвориться пустотілий вилівок.

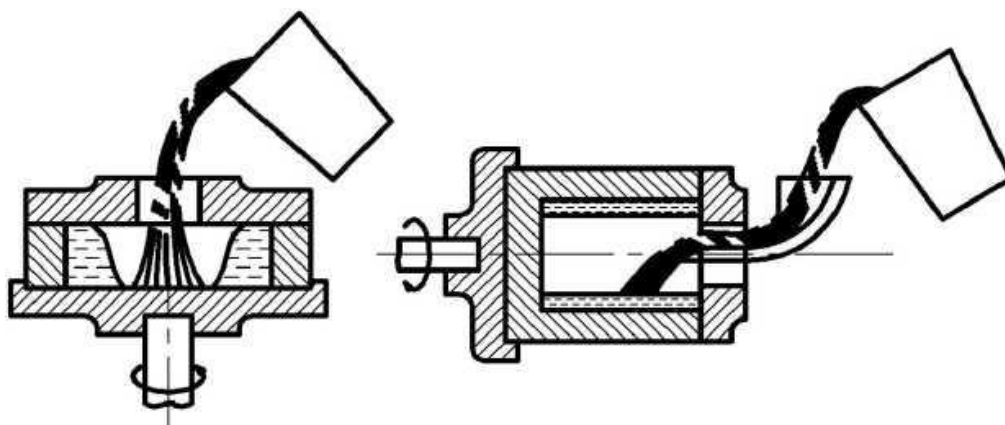


Рисунок 4.3 – Схема відцентрового лиття:

а) з вертикальною віссю обертання; б) з горизонтальною віссю обертання

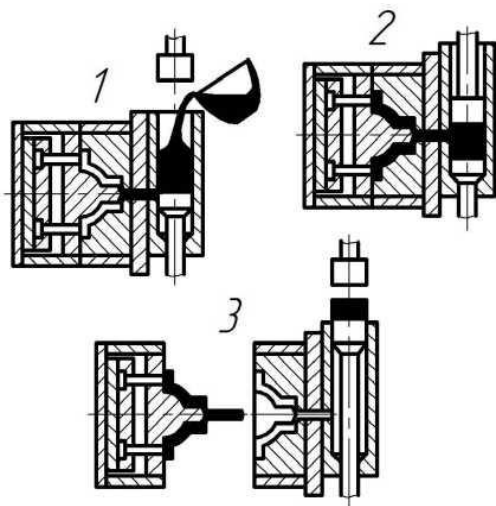


Рисунок 4.4 – Схема лиття під тиском: 1, 2, 3 – стадії лиття

Під час лиття під тиском (рисунок 4.4) металеву форму заповнюють рідким металом під тиском поршня або стисненого повітря. Зазвичай заготовки відлиті під тиском практично не потребують подальшої механічного оброблення й мають підвищену міцність.

В процесі лиття в оболонкові форми підігріту до 200-250°C модель засипають формувальною сумішшю, що складається з 92-95 % дрібного кварцового піску та з 5-8% бакелітового порошку для зв'язки. Навколо моделі утворюється оболонка розплавленої піщано-бакелітової маси товщиною 6-8 мм.

Оболонку разом з моделлю витримують 1 хв у печі при 300-350 °С, у результаті чого вона отримує необхідну міцність. Утворюється пів-форма, яку з'єднують струбцинами або скобами з ще однією відповідною пів-формою. Для заливання металу форми об'єднують у вертикальні або горизонтальні касети по декілька десятків штук. Заготовки, відлиті в такі форми, відрізняються високою точністю та малою шорсткістю поверхні.

## 4.2. Одержання заготовок обробленням тиском

Оброблення тиском ґрунтується на використанні пластичності металів, під якою розуміють здатність металів змінювати під впливом зовнішніх сил свою форму без руйнування. Обробкою тиском можна одержувати заготовки з високими параметрами міцності .

Одержання металевих виробів за допомогою прикладання зусиль стиску та розтягу – розповсюджений процес промислового виробництва. При штампуванні метал фасонується в спеціальні профілі при температурі навколишнього повітря за допомогою зрізання, пресування і розтягу між штампами як правило в результаті серії розрахованих ударних операцій. Холоднокатана сталь служить вихідним матеріалом для штампування листових деталей для автомобільної, радіоелектронної та інших галузей промисловості. Приблизно 15 % робітників автомобільної промисловості зайняті в штампувальному виробництві.

При куванні зусилля стиску прикладається до заготовки, нагрітої до високої температури, за допомогою однієї або двох послідовних операцій пресування. Профіль кінцевого виробу визначається формою порожнини штампа. У відкритих штампах, так само як при об'ємному штампуванні на молоті, заготовка стискується між одним штампом, прикріпленим до ковадла, і вертикальним прес-штоком. У закритих штампах, так само як при об'ємному штампуванні на пресі, заготовка стискується між нижнім і верхнім штампом, прикріпленим до прес-штока.

При об'ємному штампуванні на падаючому молоті використовується пара або стиснуте повітря, що піднімають молот, який потім падає під впливом сили ваги або приводиться в дію тими ж парами або стиснутим повітрям. Кількість і сила ударів молота контролюються оператором вручну. Часто він утримує заготовку за холодний кінець і одночасно керує молотом. Раніше штампування на падаючому молоті складало приблизно дві третини всього об'ємного штампування, тепер ця технологія застосовується в менших обсягах. При об'ємному штампуванні на пресі для надання виробу необхідної форми за допомогою одноразового повільного контрольованого ходу, застосовується прес-шток із механічним або гідравлічним приводом.

Об'ємне штампування на пресі зазвичай автоматизоване. Воно може бути гарячим або проводитися при нормальній температурі (холодне штампування, об'ємне штампування видавлюванням).

Різновид кування за звичайною технологією – прокатування, при якому до заготовки, що повертається оператором, прикладається постійне зусилля.

Найбільш поширена продукція об'ємного штампування зі сталі – високоміцні деталі машин, такі як вали, зубчасті колеса, болти і компоненти підвіски автомобілів. Високоміцні компоненти авіаційної та космічної техніки (лонжерони, диски тощо) штампують з алюмінію, титану та легованої сталі.

Отже, основними способами оброблення металів тиском, використовуваними при виробництві заготовок є: пресування, вільне кування, гаряче об'ємне штампування, листове штампування (рисунок 4.5).

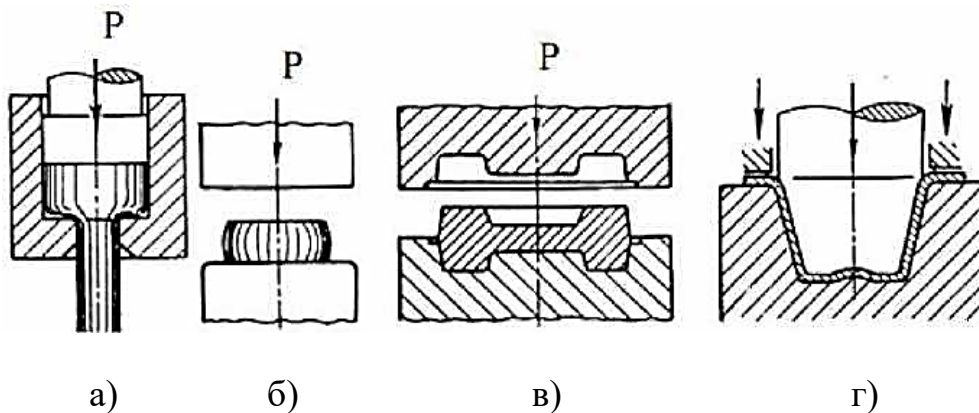


Рисунок 4.5 – Способи отримання заготовок обробкою тиском:

- а – пресуванням; б – вільним куванням; в – гарячим об'ємним штампуванням;  
 г – холодним листовим штампуванням

Пресування здійснюють витисканням металу із замкнутого простору через отвір (рисунок 4.5, а); при цьому метал набуває вигляду прутка з профілем, що відповідає перерізу отвору.

Пресуванням одержують заготовки з кольорових сплавів та сталей, як у холодному, так і в гарячому стані, з використанням гідравлічних пресів зусиллям до 10000 т. Пресовані заготовки значно перевершують за точністю розмірів заготовки, отримані деякими іншими методами. Крім того, пресуванням можна одержати складні профілі (рисунок 4.6).



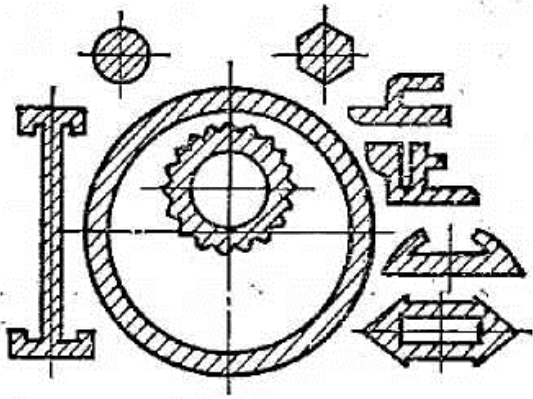


Рисунок 4.6 – Профілі заготовок, одержаних пресуванням

Вільним куванням (рисунок 4.5, б) називають процес, при якому формоутворення заготовок відбувається під дією ударів бойка молота або в результаті натискання бойка преса. Метал, що деформується, нагрітий до кувальних температур, необмежено тече в усі сторони в просторі між бойками, приймаючи форму, що наближається до спрощеного контуру деталі. Заготовки, отримані вільним куванням, можуть пресуванням мати масу від кількох сотень грамів до 300 т

Гаряче об'ємне штампування (рисунок 4.5, в) дозволяє одержати більш точні за формою заготовки з меншими витратами часу та коштів на подальше механічне оброблення порівняно із заготовками, отриманими вільним куванням. При штампуванні основними інструментами є штампи, форма внутрішніх порожнин яких відповідає заданим конфігураціям заготовок. Штмп складається з двох частин: нерухомої, що

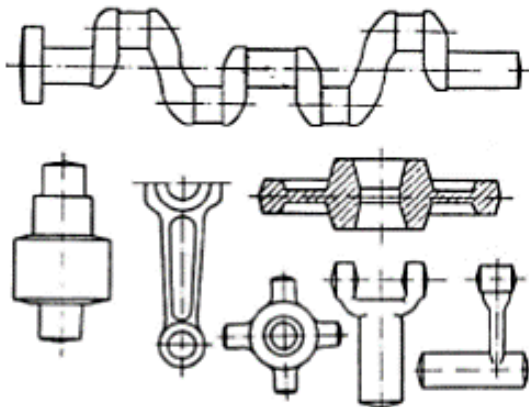


Рисунок 4.7 – Штамповки

закріплюється на столі преса або молота та рухомої, яка пов'язана із його повзуном. Приклади заготовок, отриманих гарячим об'ємним штампуванням, подані на рисунку 4.7 .

Холодне листове штампування (рисунок 4.5, г) застосовують під час виробництва заготовок з листа, смуги, стрічки. Далі зі штампованих заготовок зварюванням одержують металоконструкції: стріли, ходові та поворотні рами екскаваторів, кузови легкових автомашин, корпуси морських суден тощо. Штампування виконують на кривошипних пресах (рисунок 4.8) зі штампами.

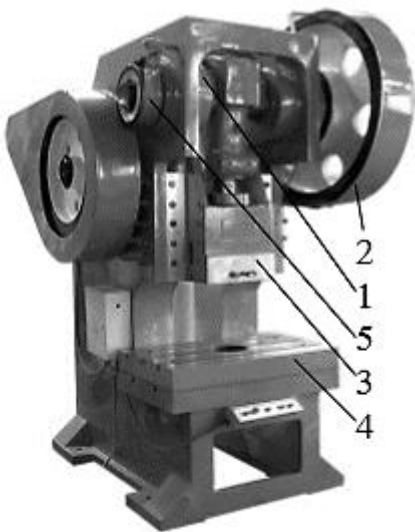


Рисунок 4.8 – Кривошипний прес:  
1 – шатун; 2 – маховик;  
3 – повзун; 4 – стіл; 5 – гальмо

Такі преси мають кривошипний вал із шатуном 1. На один кінець кривошипного валу установлюють маховик 2, що приводиться в обертання від електродвигуна за допомогою пасової передачі. Шатун 1 передає зворотно-поступальний рух повзуну 3 преса. На столі 4 встановлюють штамп. Швидку зупинку кривошипно-шатунного механізму преса здійснюють за допомогою гальма 5. Основними робочими частинами штампа є пуансон та

матриця. Пуансон притискає деформований матеріал до матриці і в такий спосіб, формується конфігурація заготовки.

Операції листового штампування поділяються на розділові (рисунок 4.9, а), коли одна частина металу відокремлюється від листа або смуги та формозмінні (рисунок 4.9, б, в, г), у результаті яких деформована частина металу змінює свої форми і розміри. До розділових операцій належать відрізання – відокремлення частини металу на листових або дискових ножицях, а також вирубування (рисунок 4.9, а) – відокремлення заготовки із замкнутим контуром. Формозмінні операції це: вигинання (рисунок 4.9, б, г) – викривлення однієї або декількох частин заготовки та витягування – одержання з плоскої заготовки порожнього виробу (рисунок 4.12, в) або з більшого виробу меншого.

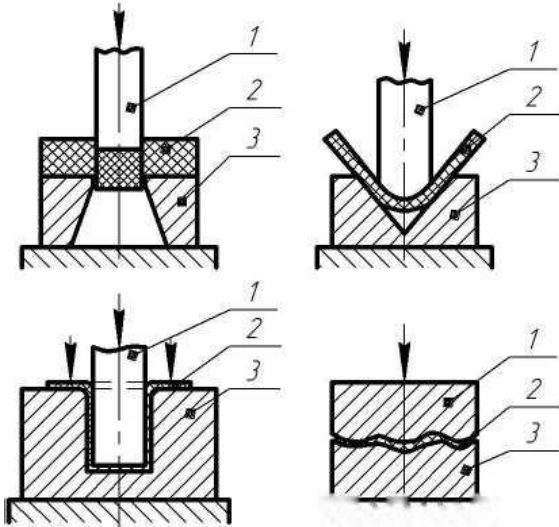


Рисунок 4.9 – Етапи листового штампування: 1 – пуансон; 2 – заготовка; 3 – матриця

Знаходять застосування й такі способи листового штампування, як штампування гумою (рисунок 4.10, а), гідравлічне (рисунок 4.10, б) та вибухом (рисунок 4.11).

Штампування гумою отримало застосування в серійному та дрібносерійному виробництві для виготовлення заготовок з тонколистового матеріалу. У цьому випадку з металу виготовляють тільки одну частину штампа – пуансон або матрицю, тоді як інша частина є масивною гумовою подушкою. В результаті створення на елементах штампа навантаження подушка та матеріал приймають форму пуансона або матриці. В процесі гідравлічного штампування заготовку отримують під тиском рідини, що, зазвичай, подається в гумовий мішок. Робочий процес в подібних випадках реалізується на гідравлічних пресах.

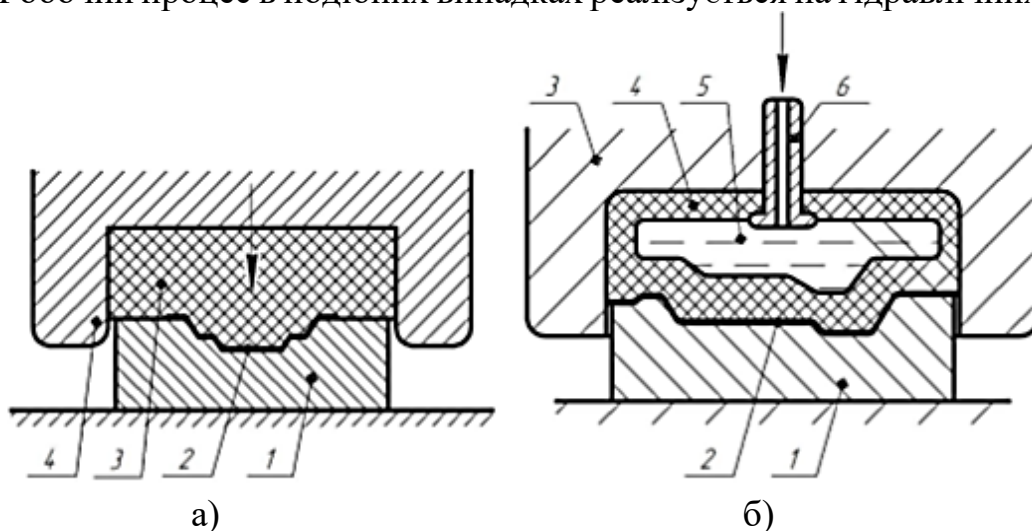


Рисунок 4.10 – Схеми холодного листового штампування:

- а – гумою: 1 – матриця; 2 – заготовка; 3 – гумова подушка; 4 – обойма;  
 б – гідравлічного: 1 – матриця; 2 – заготовка; 3 – обойма; 4 – гумовий мішок;  
 5 – робоча рідина; 6 – трубка для підведення рідини

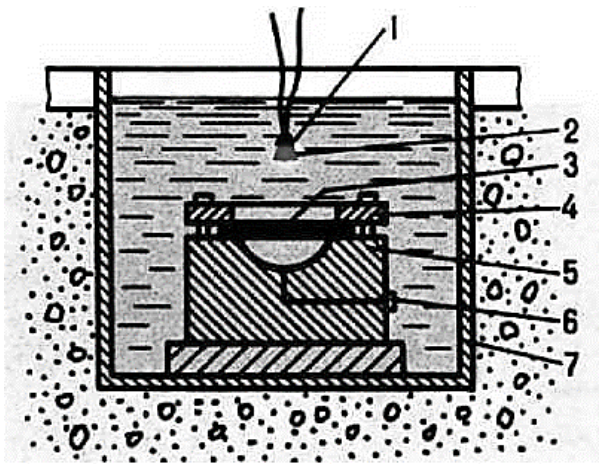


Рисунок 4.11 – Штампування вибухом:  
 1 – детонатор; 2 – вибухова речовина;  
 3 – заготовка; 4 – притискна планка;  
 5 – матриця; 6 – штуцер для приєднання вакуум-насоса; 7 – резервуар з водою

Штампування вибухом здійснюють у посудині з водою, в якій установлюють матрицю штампа, заготовку та вибухову речовину. У днищі матриці є канал для створення в ній вакууму. У момент вибуху у воді виникає гідравлічний удар, що приводить до створення навантаження на заготовку та її формоутворення. При цьому, окрім бризантних вибухових речовин в якості енергоносіїв можна використовувати порох, газові суміші, а також іскровий або імпульсний розряди.

### 4.3. Виробництво заготовок із порошкових матеріалів

Технологія виробництва заготовок способами порошкової металургії містить етапи одержання металевих порошоків, формоутворення з порошоків заготовок, спікання та механічне оброблення останніх. Деталі, отримані цими способами мають високу щільність та міцність, що відповідають та навіть перевершують міцність і щільність деталей, виготовлених з прокату або способами лиття. Промисловість випускає порошки заліза, міді, нікелю, кобальту, срібла, вольфраму, титану та інших матеріалів. Формоутворення являє собою процес одержання з порошку напівфабрикату заготовок певних форми та розмірів, що мають міцність, достатню для вилучення їх з прес-форм без руйнування. Формоутворення здійснюють з прикладанням зовнішніх сил (тиску) в процесі статичного, гідростатичного пресування або вібропресування.

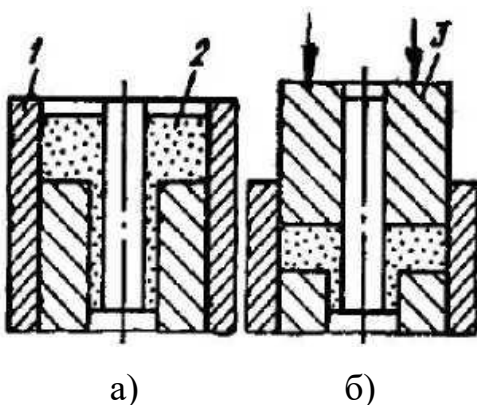


Рис. 4.12 – Схеми статичного пресування: а – заповнення пресформи 1 порошком 2; б – ущільнення порошку пуансоном 3

Найпоширенішим є статичне пресування, що пов'язано з його простотою та можливостями для його механізації й автоматизації. Статичне пресування є процесом ущільнення порошкової маси, насипаної в прес-форму (рисунок 4.12). Для забезпечення необхідних механічних властивостей після пресування заготовку спікають. Цей процес здійснюють у середовищі захисного газу або у вакуумі, що запобігає окислюванню порошку при нагріванні. Температура при спіканні заготовок на залізній основі становить 1000-1200С, тоді як для заготовок з кольорових металів вона не перевищує 700-800С. Далі заготовки обробляють тими ж методами, що й заготовки, отримані литтям або пластичним деформуванням.

#### 4.4. Одержання заготовок із прокату

У машинобудуванні для виготовлення гладких та східчастих деталей у формі тіл обертання з невеликою різницею діаметрів ступенів (вали, втулки, стакани, фланці), а також заготовок для одержання з них деталей куванням та штампуванням, широко використовують прокат круглих, квадратних, шестигранних перетинів. На підприємство прокат надходить у вигляді прутків довжиною 6-9 м. Його ріжуть на заготовки необхідної довжини, використовуючи різне металорізальне обладнання. Отримані заготовки відправляють у цехи для їх подальшого оброблення. Прокат може застосовуватися як заготовки для безпосереднього виготовлення деталей або як вихідні заготовки при пластичному формоутворенні.

**Прокатування** – вид оброблення тиском, при якому заготовка обтискується двома валками, що обертаються. Основні види прокатування – поздовжнє, поперечне і поперечно-гвинтове.

При поперечному прокатуванні (рис.4.13, а) заготовка переміщується перпендикулярно до осі валків, що обертаються в протилежних напрямках.

При поперечному прокатуванні (рис. 4.13, б) валки з паралельними осями обертаються в одному напрямку і обертають заготовку, яка деформується, переміщуючись вздовж осі валків.

Поперечно-гвинтове прокатування здійснюється за допомогою валків, що розміщені під кутом і обертаються в одному напрямку (рис. 4.13, в).

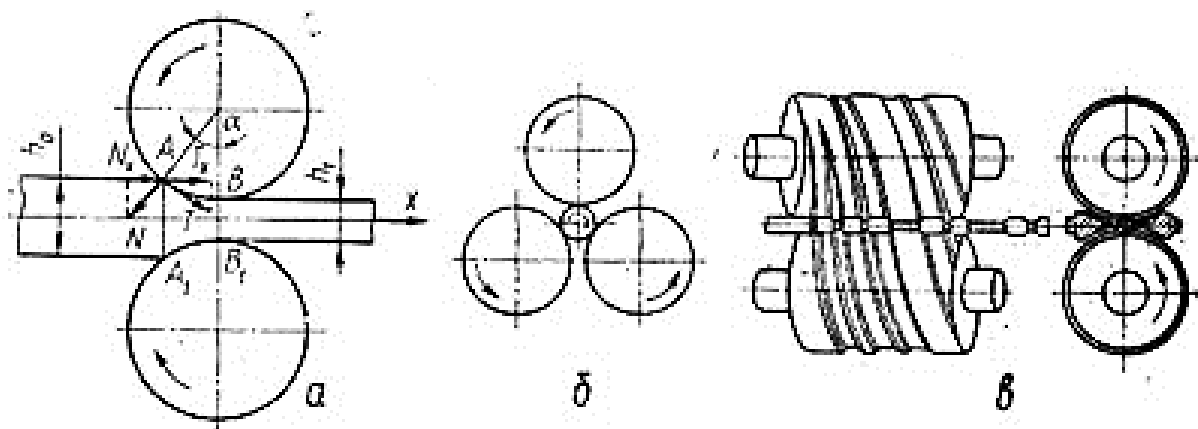


Рисунок 4.13 – Методи прокатування

Таким методом одержують вироби з поперечними перерізами та формою сталими по довжині, наприклад, рейси, труби, швелери; спеціальними методами прокатування отримують колеса.

За сортаментом продукція прокатного виробництва ділиться на такі групи:

- сортовий прокат;
- листовий прокат;
- труби;
- спеціальний і періодичний прокат.

Сортова сталь ділиться на профілі загального призначення – кругла, стрічкова, квадратна, кутова, швелери, двотаврові балки (рис. 4.14, а) і профілі спеціально призначення – рейки і профілі для машинобудування (рис. 1.14, б).

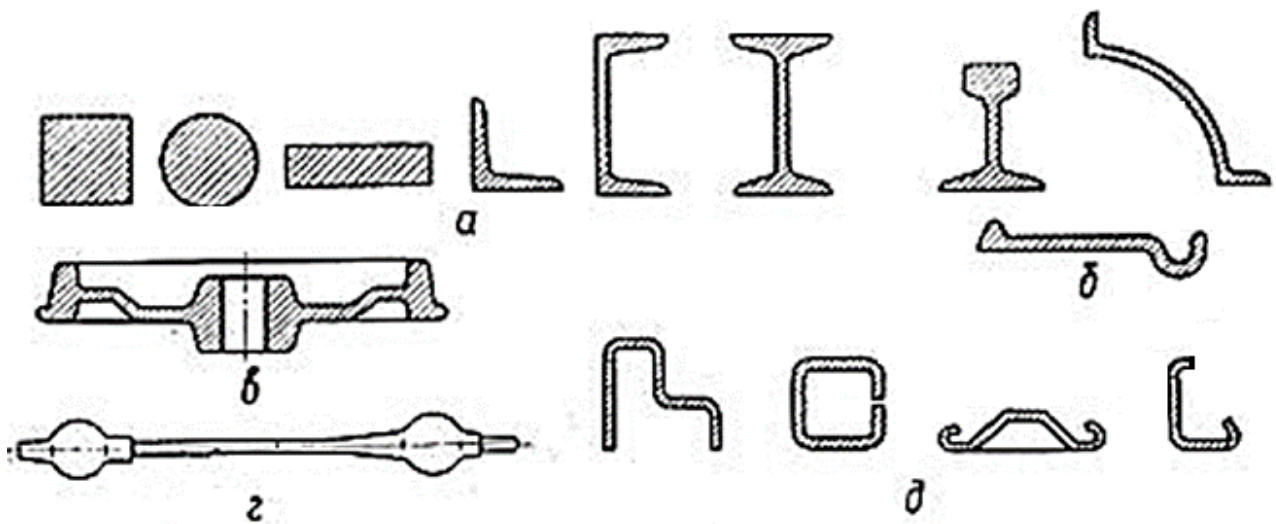


Рисунок 4.14 – Види сортаментів прокату

До спеціальних видів прокату відносяться вагонні колеса, кулі, періодичний прокат, гнуті профілі (рис.14.4, в, г, д). Спеціальний прокат застосовується в умовах масового або багатосерійного виробництва, що у великій мірі знижує припуски і об'єм механічного оброблення. Види прокату, його характеристики і сфери застосування наведено в табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Сортний прокат і профілі, область їх застосування

Вид прокату чи профіль	ГОСТ	Область застосування
1	2	3
Сортний: круглий гарячекатаний підвищеної і нормальної точності круглий калібрований квадратний, шестигранний, смуговий (гарячекатаний звичайної точності) квадратний, шестигранний (калібрований)	2590-2006  2590-2006 103-2006  8559-75 8560-78	Гладкі і ступінчасті вали з невеликим перепадом діаметрів ступенів, стакани діаметром 50 мм, втулки з зовнішнім діаметром до 25 мм Кріплення, невеликі деталі типу важелів, тяг, планок і клинків
Листовий: товстолистовий гарячекатаний тонколистовий гарячекатаний і холоднокатаний	19903-2015 19903-2015  19904-90	Фланці, кільця, плоскі деталі різної форми; циліндричні порожнисті втулки  Циліндри, втулки, гільзи, шпинделі, стакани, барабани, ролики, вали
Труби: сталі безшовні гарячекатані і холоднокатані	8732-78 8734-75	

## Закінчення таблиці 4.2

1	2	3
Періодичний поздовжній	8319-57	Ступінчасті вали крупносерійного і масового виробництва
Поперечно-гвинтовий	8320-57	Вали, півосі, важелі та інші деталі крупносерійного і масового виробництва

Примітка. Періодичний поздовжній прокат і поперечно-гвинтовий мають змінний по довжині переріз, решта, що приведені у таблиці, – постійний.

## 5. НОРМУВАННЯ ТОЧНОСТІ В МАШИНОБУДУВАННІ

Будь-яку деталь у машинобудуванні виготовляють за кресленням, на якому зазначена точність обробки кожного її елемента. Точність – це ступінь наближення фактичного значення того або іншого параметра до його заданого значення. На робочому кресленні деталі повинні бути зазначені такі параметри точності, як: розміри; форми поверхонь; відносного розташування поверхонь; шорсткості поверхонь .

Нормування точності дозволяє розв'язати проблему взаємозамінності – виготовлення деталей та подальшого складання з них вузлів й машин без додаткового оброблення (підгонки) цих деталей. У 1856 р. один із учасників Міжнародного з'їзду промисловців, що проходив у Лондоні, порушив питання про забезпечення відповідності діаметра свічок діаметру гнізд підсвічників без підстругування свічок або обгортання їх папером. Сьогодні цоколь електролампочки, купленої в будь-якій країні, можна закрутити у патрон відповідного типу будь-якого світильника .

Характерною ознакою сучасного машинобудування є виробництво взаємозамінних деталей машин, виготовлених із заздалегідь заданими розмірами та точністю. Такі деталі можна складати у працездатні вузли та механізми без їхньої додаткової обробки і підгонки. Взаємозамінність дозволяє виготовляти вузли однієї й тієї ж машини на різних заводах, спеціалізувати виробництво та досягати високих техніко-економічних показників .

### 5.1. Граничні відхилення та допуски розміру

Абсолютно точно виготовити деталь неможливо. Тому взаємозамінність деталей забезпечують тим, що на кресленні, окрім їх номінальних розмірів, для кожного з них задають найбільше та найменше допустиме відхилення (рисунки 5.1). Номінальний розмір плюс верхнє відхилення – це найбільший допустимий розмір; номінал плюс нижнє відхилення – це найменший допустимий розмір. Різницю між максимальним та мінімальним допустимими розмірами називають допуском розміру, що характеризує точність виготовлення деталі. Дійсні розміри, отримані після оброблення, відрізняються від номінальних. Деталь буде придатною й взаємозамінність під час складання буде забезпечена, якщо її дійсні розміри не будуть більшими найбільших граничних і меншими найменших граничних розмірів.

### 5.2. Посадки та ступені точності

З'єднання двох деталей можуть бути рухомими або нерухомими. У першому випадку між поверхнями деталей, що з'єднуються, повинен бути зазор, у другому – натяг. Посадка – характер з'єднання деталей, обумовлений величиною зазорів або натягів, що утворюються між ними. Залежно від величини зусилля відносного переміщення деталей, що з'єднуються, посадки поділяють на три типи: із зазором, з натягом (рисунки 5.2) та перехідні (в останніх між деталями може бути як зазор, так і натяг).

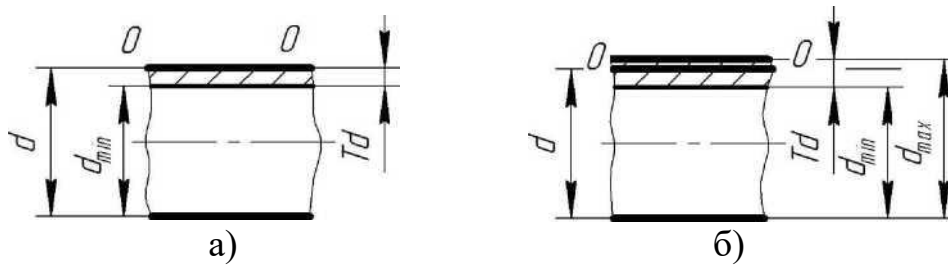


Рисунок 5.1 – Допуски на оброблення:

а – найбільший граничний розмір збігається з номінальним:  $d_{\max} = d$ ;  $d_{\min}$  – мінімальний граничний розмір;  $T_d = d_{\max} - d_{\min}$  – допуск розміру;

б) – найбільший граничний розмір  $d_{\max}$  не збігається з номінальним розміром  $d$

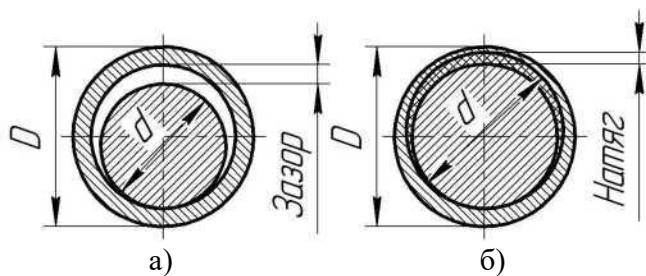


Рисунок 5.2 – Посадки:

а – із зазором; б – з натягом

Ту або іншу посадку можна одержати як за рахунок зміни розмірів валу, так і за рахунок зміни розмірів отвору. Систему, у якій різні посадки забезпечуються шляхом зміни граничних відхилень валів, а граничні розміри отворів залишаються незмінними, називають системою отвору.

У системі валу, навпаки, граничні розміри валу зберігають постійними, а різні посадки забезпечують за рахунок зміни розмірів отвору. У машинобудуванні з економічних міркувань застосовують систему отвору.

У Єдиній системі допусків і посадок (ЄСДП) встановлено по 28 позначень полів допусків для отвору та валу (таблиця 5.1). Поле допуску в ЄСДП позначають основним відхиленням та номером квалітету, наприклад: для валу – h6, g8, p7, а для отвору – H6, F8 або JS6.

Таблиця 5.1 – Позначення основних відхилень отворів та валів для посадок системи ISO

Отвори	A	B	C	CD	D	E	EF	F	FG	GH	JS	J	K	M	N	P	R	S	T	U	V	X	Y	Z	ZA	ZB	ZC	
Вали	a	b	c	cd	d	e	ef	f	fg	g	h	is	i	k	m	n	p	r	s	t	u	v	x	y	z	za	zb	zc
Для посадок із зазором												Для перехідних посадок			Для посадок з натягом													
Збільшення зазора ←												Збільшення натягу →																

Набір полів допусків отворів та валів більший, ніж це практично необхідно, тому можна обійтись набагато меншим набором. У стандарти введені так звані преференційні поля допусків (таблиця 5.2), які, в основному, й використовуються на практиці, що сприяє підвищенню економічної ефективності виробництва, оскільки тільки для цих полів створені стандартні обробні та вимірвальні інструменти.



Таблиця 5.2 – Преференційні поля допусків

Квалітет точності	Вали	Отвори
6	g6, h6, js6, k6, n6, p6, r6, s6	-
7	f7 h7	H7, JS7, K7, N7, P7
8	e8 h8	F8, H8
9	d9 h9	E9, H9
11	d11 h11	H11

Величина допуску характеризує ступінь точності виготовлення деталей. Точність є найважливішою характеристикою їх якості. Ступені точності в ЄСДП називають квалітетами. Допуски в кожному квалітеті зростають зі збільшенням номінальних розмірів, для яких вони призначаються. В ЄСДК встановлено 20 квалітетів точності від 01 до 18. Квалітети з 5 по 13 призначені для поверхонь деталей машин, що з'єднуються, квалітети з 14 по 18 – для поверхонь, які не з'єднуються.

У машинобудуванні для розмірів точних поверхонь, які з'єднуються, найчастіше використовують 7-й та 8-й квалітети. Допуски розмірів у цих квалітетах позначають буквами ІТ з числовим значенням квалітету: ІТ7, ІТ8, ІТ9 і т. ін. Квалітет точності поверхні деталі встановлюється конструктором і досягається в процесі остаточного оброблення цієї поверхні. У таблиці 5.3 наведено методи фінішного оброблення деталей для забезпечення 7, 8, 12 та 13 квалітетів точності.

Таблиця 5.3 – Методи оброблення поверхонь, які забезпечують деякі квалітети точності

Квалітет точності	Методи оброблення
ІТ7	Чистове обточування та розточування, чистове шліфування, чистове протягування, розвертування двома розвертками, полірування, холодне штампування із зачищенням
ІТ8	Чистове обточування та розточування, розвертування однією або двома розвертками, шліфування, хонінгування, обкатування роликом або кулькою, тонке стругання, тонке фрезерування, тонке шабрування
ІТ12-ІТ13	Чорнове обточування та розточування, свердління без кондуктора, стругання, довбання, чорнове фрезерування, лиття в оболонкові форми, холодне штампування у вирубних штампах, розсвердлювання

### 5.3. Точність форми поверхні

Поверхні деталі повинні мати задану номінальну геометричну форму (площину, циліндр, конус, сферу тощо). Відхилення форми, що допускаються, порівняно з номінальною являють собою вимоги до точності форми. Допустимі

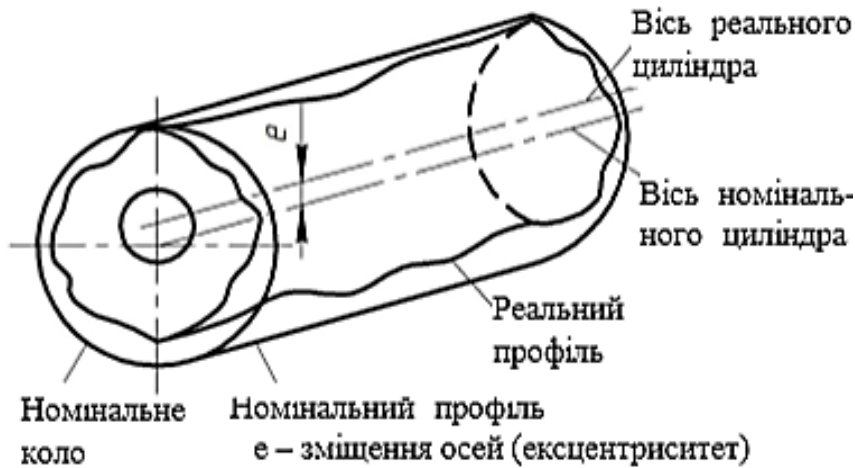


Рисунок 5.3 – Зміна форми циліндра після оброблення

відхилення форми повинні знаходитися в заданих межах (рисунок 5.3). Нормовані відхилення форми та їх умовні позначення на робочому кресленні деталі подані в таблиці 5.4. На кресленні вказують умовне позначення того або іншого виду відхилення форми та його допустиме значення.

Таблиця 5.4 – Умовні позначення відхилень форми

Вид відхилення форми	Умовне позначення
Відхилення від прямолінійності	—
Відхилення від площинності	▭
Відхилення від круглості	○
Відхилення від циліндричності	⊂
Відхилення профілю поздовжнього перерізу	≡

### 5.4. Точність розташування поверхонь

Виготовити деталь так, щоб її поверхні були розташовані абсолютно точно одна відносно одної неможливо. Тому виникає необхідність нормувати вимоги до точності їх взаємного розташування. Відхиленням розташування називають відхилення реального розташування розглянутої поверхні від номінального. Нормують сім видів відхилення розташування, умовні позначення яких наведені в таблиці 5.5.

### 5.5. Шорсткість поверхонь

Під час оброблення деталей на верстатах для них неможливо одержати ідеально гладку поверхню. Внаслідок вібрацій, неоднорідності оброблюваного матеріалу заготовки, шорсткості кромки різального інструменту, на обробленій поверхні залишаються нерівності. Ступінь шорсткості суттєво впливає на втомну міцність деталі, зносостійкість поверхонь, що з'єднуються, їх

антикорозійні властивості. Шорсткістю поверхні називають сукупність нерівностей поверхні з відносно малими кроками, розглядуваних у межах ділянки, довжина якої дорівнює базовій довжині. Параметрами шорсткості є:  $Ra$  – середнє арифметичне відхилення профілю в межах базової довжини та  $Rz$  – висота нерівностей профілю по десяти точках.

Таблиця 5.5 – Умовні позначення відхилень розташування

Найменування нормованої вимоги	Умовне позначення
Відхилення від паралельності	//
Відхилення від перпендикулярності	⊥
Відхилення нахилу	∠
Відхилення від співвісності	⊙
Відхилення від симетричності	≡
Позиційне відхилення	⊕
Відхилення від перерізу осей	×

$Ra$  – це середнє арифметичне абсолютних значень відхилень у межах базової довжини (рисунок 5.4):

$$Ra = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i|,$$

де  $n$  – кількість обраних точок профілю на базовій довжині;  
 $y_i$  – відхилення обраних на базовій довжині точок.

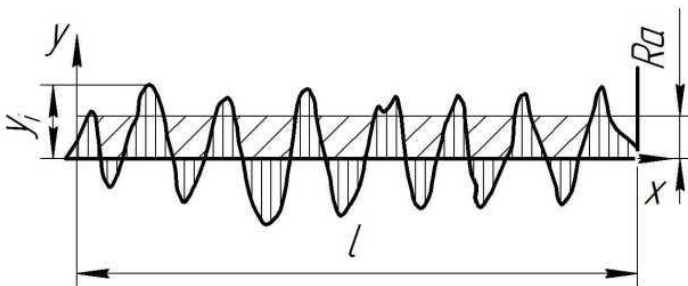


Рисунок 5.4 – Середнє арифметичне відхилення профілю  $Ra$

Параметр  $Ra$  нормують значеннями 0,008-100 мкм. Цей параметр геометрично інтерпретують висотою прямокутника, побудованого на базовій довжині й рівновеликого за площею фігури, обкресленої профілем нерівностей та його середньою лінією (на рисунку 5.4 прямокутник заштрихований).

Висота нерівностей профілю по десяти точках  $Rz$  – це сума середніх абсолютних значень висот п'яти найбільших виступів профілю та глибин п'яти найбільших западин профілю (рисунок 5.5):

$$Rz = \frac{1}{5} \left( \sum_{i=1}^5 |y_{pi}| + \sum_{i=1}^5 |y_{vi}| \right),$$

де  $y_{pi}$  – висота  $i$ -го найбільшого профілю виступу,  
 $y_{vi}$  – глибина  $i$ -ої найбільшої западини профілю.

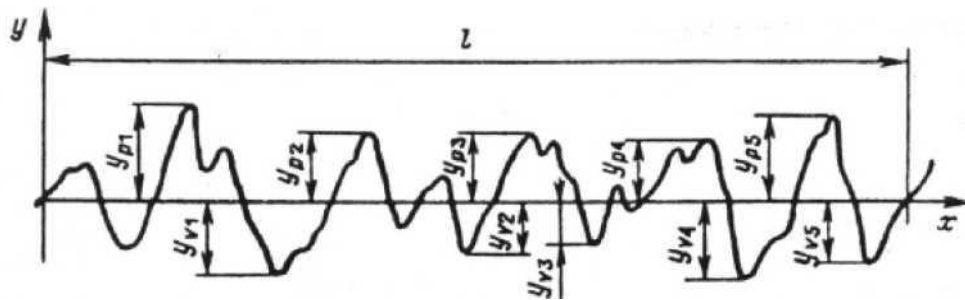


Рисунок 5.5 – Висота нерівностей профілю по десятих точках ( $Rz$ )

Параметр  $Rz$  нормується значеннями від 0,025 до 1600 мкм. Весь наведений діапазон не використовують. Частіше застосовують діапазон від 0,025 до 0,1 мкм при нормуванні малих нерівностей й значення від 10 до 1600 мкм для нормування великих нерівностей. Пов'язано це з можливостями засобів вимірювання, що існують. Усі необхідні параметри точності вказують на робочому кресленні деталі, використовуючи позначення, правила оформлення та чисельні значення параметрів точності (рисунок 5.6).

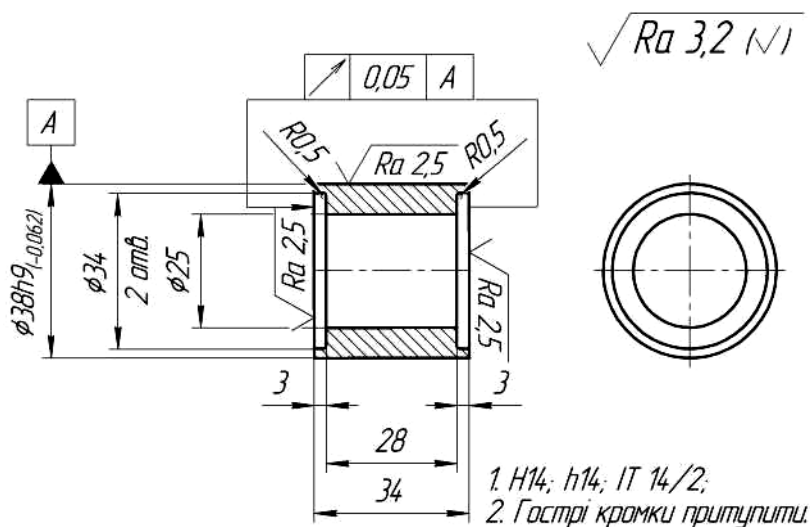


Рисунок 5.6 – Фрагмент робочого креслення деталі типу «втулка»

## 5.6. Вимірювання та засоби для вимірювання

Виміряти який-небудь параметр деталі означає порівняти його із заданим на робочому кресленні. Під час вимірювання (контролю) знаходять числове значення параметра та встановлюють придатність контрольованої деталі в межах заданих відхилень. Контроль є інформаційним процесом, що дозволяє отримати характеристику якості деталей, які перевіряються. Для контролю розмірів використовують різні інструменти й прилади, які можна поділити на дві групи: для абсолютних та відносних вимірювань.

Суть абсолютного методу вимірювання полягає в безпосередньому визначенні вимірюваної величини. Прилади, що використовуються при цьому,

мають штрихові шкали. Найпростішим інструментом для абсолютних вимірювань є звичайна металева лінійка. Для підвищення точності відліку й оцінювання частки поділки шкали використовують ноніуси, якими оснащують, наприклад, штангенінструменти. Лінійний ноніус мають штангенциркулі, штангенрейсмуси та штангенглибиноміри.

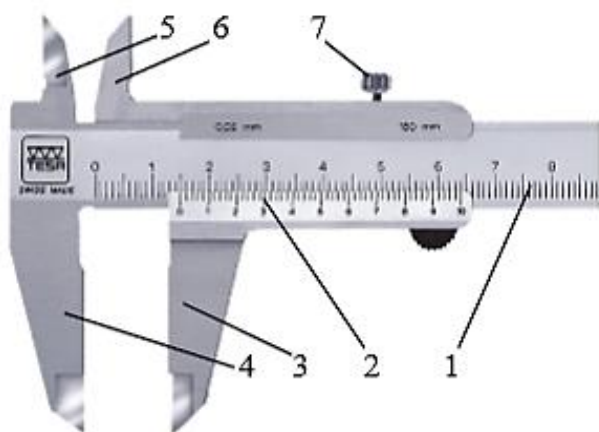


Рисунок 5.7 – Штангенциркуль:  
1 – штанга; 2 – ноніус; 3, 4 – нижні губки 5,6 – верхні губки; 7 – гвинт інструменти – мікрометри (рисунок 5.8).

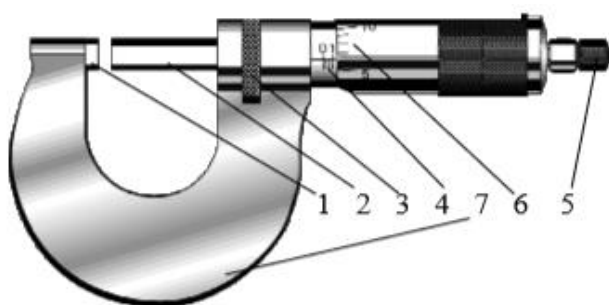


Рисунок 5.8 – Мікрометр:  
1 – п'ята; 2 – мікрометричний гвинт;  
3 – стопор; 4 – основна шкала; 5 –  
головка тріщітки; 6 – ноніус; 7 – скоба

Штангенциркуль (рисунок 5.7) складається зі штанги 1 з нанесеною на ній основною міліметровою шкалою, а також з каретки 2, що переміщується від руки, зі шкалою ноніуса. На штанзі та каретці є нижні губки 3, 4 – для зовнішніх вимірювань й верхні губки 5, 6 – для внутрішніх вимірювань. Ноніус штангенциркуля дозволяє визначати розміри з точністю до 0,1 мм або до 0,05 мм (див. рисунок 5.7). Гвинт 7 слугує для фіксації каретки на штанзі.

Більш точними штриховими приладами з ноніусом є мікрометричні

Мікрометри за допомогою гвинтової пари перетворюють обертальний рух у поступальний. Основна шкала розташована на стеблі приладу. Дробову частину вимірюваного розміру визначають за додатковою шкалою, нанесеною на барабані. Мікрометром вимірюють розміри з точністю до 0,01 мм. Відносний метод вимірювання полягає у визначенні відхилень вимірюваної величини від заданого значення. Даний метод є більш точним порівняно з абсолютним. При використанні

приладів для вимірювання за цим методом визначають відхилення від заданого розміру, на який попередньо налаштований прилад за відповідним еталонем. Вимірювання зовнішніх поверхонь при цьому можна здійснювати індикаторними скобами (рисунок 5.9). При охопленні вимірюваної поверхні п'ятою 2 й упором 1 вимірювальна п'ята 3, переміщуючись в осьовому напрямку, передає відхилення розміру на стрілку індикатора 4. Вимірювальне зусилля створюється пружиною індикатора. Настроювання скоби на розмір здійснюють за еталонем (або за кінцевими мірами) шляхом переміщення п'яти 2 з подальшою її фіксацією гайкою 5. Вимірювання діаметрів внутрішніх циліндричних поверхонь відносним методом здійснюють індикаторним нутроміром, вимірювання глибини – індикаторним глибиноміром.

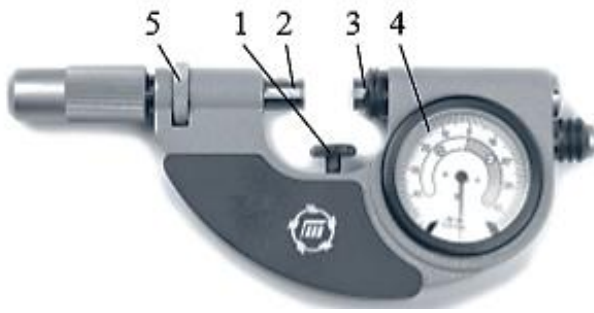


Рисунок 5.9 – Індикаторна скоба:  
1 – упор; 2 – п'ята; 3 – вимірювальна п'ята; 4 – індикатор; 5 – гайка

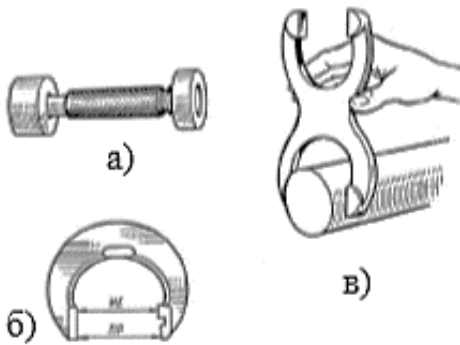


Рисунок 5.10 – Граничні калібри:  
а) – пробка двостороння;  
б) – скоба однобічна;  
в) – вимірювання валу скобою двосторонньою

деталю, а непрохідні – не повинні. Значне поширення одержали вимірювальні прилади спеціального призначення, наприклад для контролю взаємного положення поверхонь деталі .

Контрольне пристосування для вимірювання биття отвору А деталі відносно шийок валу показано на рисунку 5.11. Контрольовану деталь 1 установлюють шийками на роликові призми 2 та 3. Биття отвору вимірюють індикатором 4 з важільною передачею 5, установленою на стійці 6.

Механізація та автоматизація вимірювань забезпечують значне підвищення продуктивності й дозволяє керувати технологічним процесом оброблення деталі. Зокрема це можливо з використанням засобів активного контролю.

Сучасні багатоцільові металорізальні верстати з ЧПК можуть мати вбудовані засоби контролю оброблюваної деталі. До таких засобів відносять, наприклад, датчики дотику, змонтовані в інструментальній оправці, встановленої в гнізді магазину інструментів верстата. Датчик (рисунок 5.12, а) має підпружинений щуп 1, що може відхилитися від середнього положення в радіальному й осьовому напрямках. Датчик змонтований у корпусі 2 конічної оправки 4, яка своєю поверхнею базується в гнізді інструментального магазину (коли немає потреби у вимірюваннях) або в отворі шпинделя верстата під час вимірювання.

Ще одна група вимірювальних приладів – граничні калібри – слугують не для визначення чисельних значень відхилень від заданих розмірів, форми поверхонь деталі та їхнього взаємного розташування, а лише для установлення факту знаходження параметрів точності в межах поля допуску. Калібри є найбільш розповсюдженим засобом контролю в умовах серійного та масового виробництва. Калібри для валів називають скобами, а калібри для отворів – пробками. Калібри мають дві поверхні – прохідну та непрохідну. Прокідна сторона скоби (ПР) повинна відповідати найбільшому граничному розміру поверхні, що допускається, непрохідна (НЕ) – найменшому. Різниця між розмірами прохідної та непрохідної сторін калібру відповідає допуску на контрольований розмір поверхні деталі. На рисунку 5.10 подано конструкції граничних калібрів та схема вимірювання скобою. Для контролю різьби використовують різьбові калібри. Прокідні різьбові калібри повинні згвинчуватись з

деталю, а непрохідні – не повинні. Значне поширення одержали вимірювальні прилади спеціального призначення, наприклад для контролю взаємного положення поверхонь деталі .

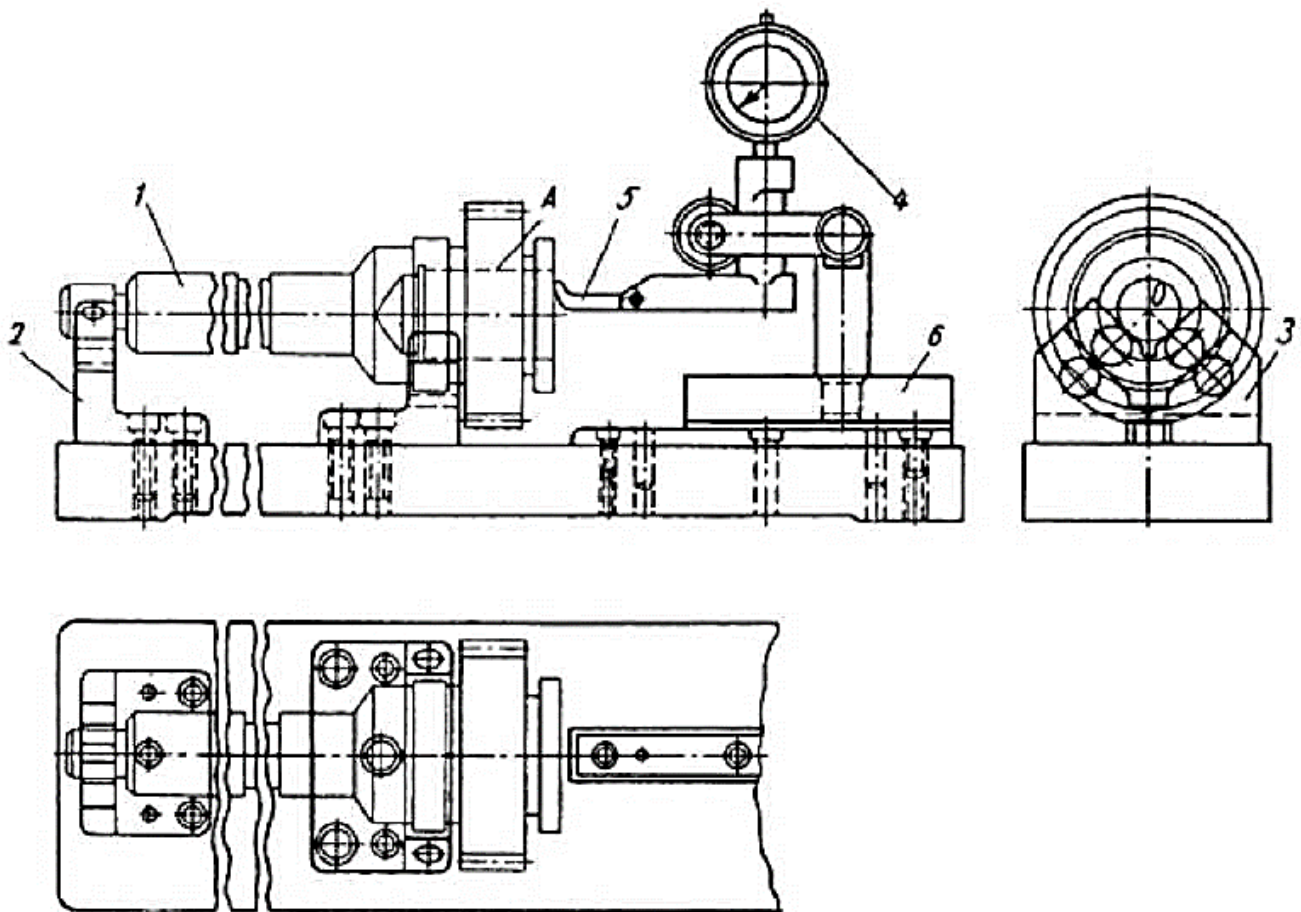


Рисунок 5.11 – Контрольне пристосування для вимірювання биття:  
 1 – контрольована деталь; 2, 3 – роликові призми; 4 – індикатор;  
 5 – важільна передача; 6 – стійка

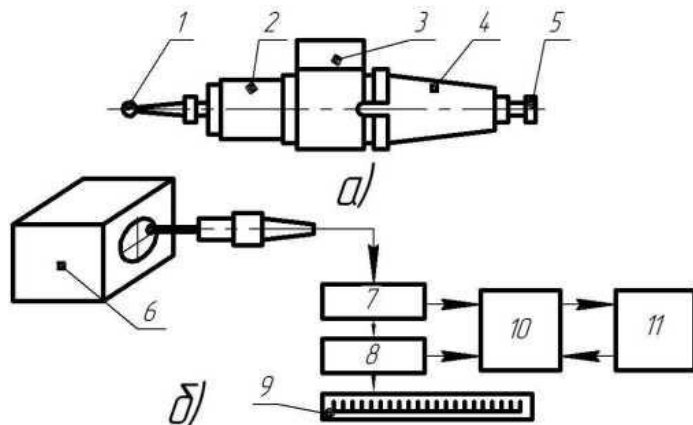


Рисунок 5.12 – Пристрій автоматичного контролю на верстаті: а – датчик (1 – щуп; 2 – корпус; 3 – пристрій сигналізації; 4 – оправка; 5 – хвостовик); б – схема системи контролю (7 – пристрій пошуку сигналу; 8 – лічильник; 9 – пристрій зворотного зв'язку; 10 – пристрій контролю; 11 – пристрій ЧПК)

Хвостовик 5 слугує для автоматичного закріплення датчика. Пристрій 3 передає сигнал про дотик датчика до вимірюваної поверхні деталі. За програмою датчик вилучається маніпулятором з гнізда інструментального магазину верстата і встановлюється у шпиндель. Щуп дотикається до двох протилежних сторін оброблюваної поверхні (наприклад, отвору). Генератор інфрачервоного випромінювання усередині датчика у момент дотикання подає сигнали, що надходять у пристрій пошуку 7 (рисунок 5.12, б) і далі у лічильник 8, де

порівнюється із сигналом зворотного зв'язку від відповідного пристрою 9. Результуючий сигнал запам'ятовується і надходить у пристрій контролю 10, звідки прямує у пристрій ЧПК 11 верстата. Система автоматичного контролю здійснює порівняння обмірюваного розміру із заданим й видає команду на продовження оброблення або на його закінчення .

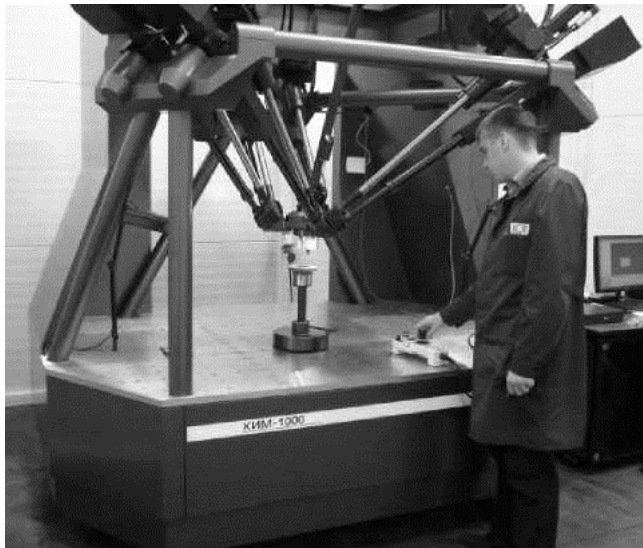


Рисунок 5.13 – Контрольно-вимірювальна машина

В автоматизованому виробництві доцільне використання контрольно-вимірювальних машин (КВМ), що містять датчик дотику, систему керування датчиком часто у вигляді механізмів з паралельною кінематикою (рисунок 5.13), комп'ютер та відповідне програмне забезпечення.

Розвитком КВМ є вимірювальні роботи (рисунок 5.14), що можуть бути оснащені декількома вимірювальними пристроями, що працюють одночасно. Горизонтальне виконання забезпечує хороший доступ до контрольованої деталі та її обмірювання з різних сторін .

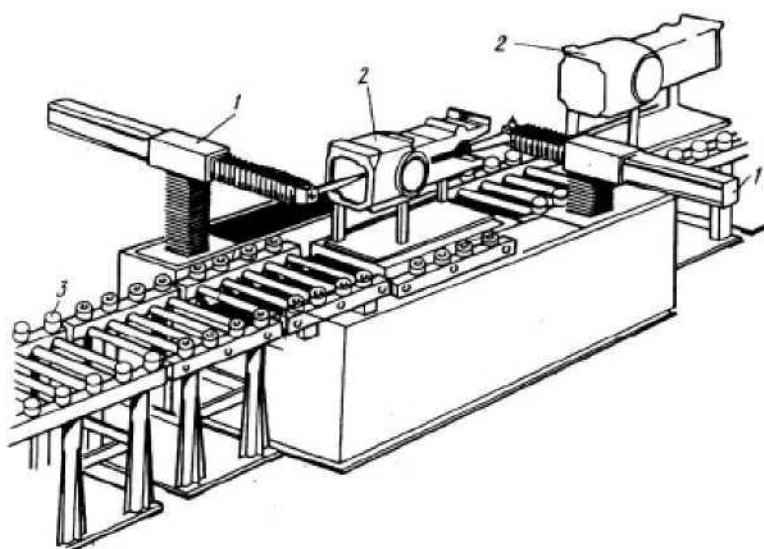


Рисунок 5.14 – Вимірювальний робот у ГВС:  
1 – робот; 2 – контрольована деталь;  
3 – конвеєр

Вимірювання шорсткості поверхні здійснюють за допомогою приладів, що поділяються на дві групи: контактні (щупові) й безконтактні. Перші мають вимірювальний наконечник у вигляді голки, що контактує під час вимірювання з мікронерівностями поверхні, яка перевіряється, (профілографи та профілометри). До безконтактних приладів належать оптико-механічні (рисунок 5.15). На робочому місці не завжди зручно користуватися описаними вище приладами для

вимірювання шорсткості поверхні, тому поширений контроль порівнянням шорсткості поверхні деталі зі стандартним зразком (рисунок 5.16). Цей метод не дає числового значення шорсткості, проте при певних навичках фахівця, який здійснює контроль дозволяє досить точно оцінити шорсткість поверхні. Оцінювання здійснюють візуально-дотикальним способом.



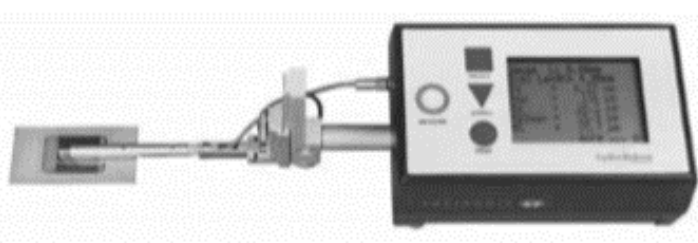
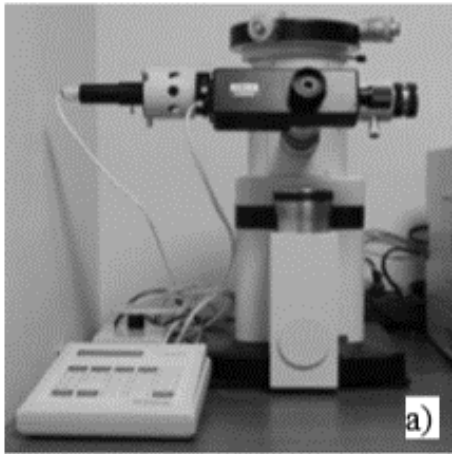


Рисунок 5.15 – Сучасні прилади для визначення шорсткості поверхні:  
а – мікроінтерферометр; б – прилад з індуктивним датчиком

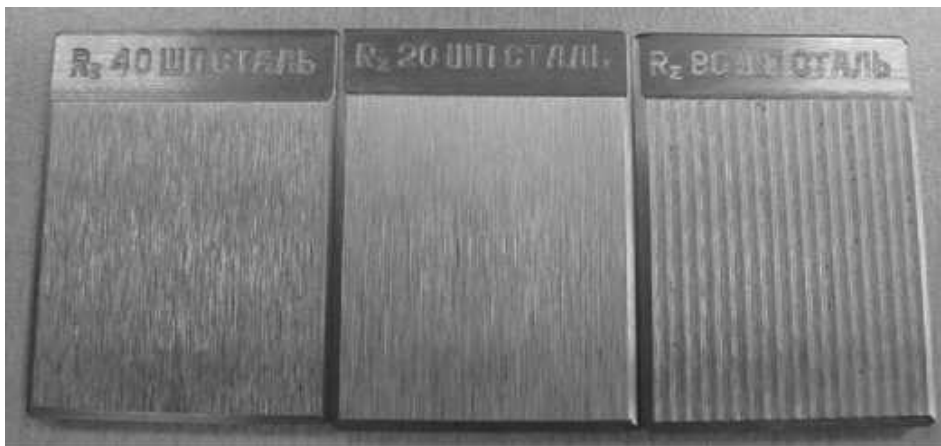


Рисунок 5.16 – Зразки шорсткості

## 6. ОБРОБЛЕННЯ МАТЕРІАЛІВ РІЗАННЯМ ТА РІЗАЛЬНІ ІНСТРУМЕНТИ

### 6.1. Загальні відомості про різання

Оброблення матеріалів різанням – основний метод одержання деталей машин, що забезпечує їхню найвищу точність і який оснований на видаленні різальним інструментом з поверхні заготовки шару матеріалу (стружки) для досягнення необхідної геометричної форми, точності розмірів, взаємного положення та шорсткості поверхонь деталі відповідно до її робочого креслення. За допомогою різання обробляються деталі різної форми – від простого валика до складних корпусів – і різних розмірів – від деталей, які можна побачити лише під мікроскопом, до гігантських роторів турбін. Види різання відрізняються за типом інструменту, який використовується при обробленні. Процес, при якому використовуються різці, називається точінням і струганням; свердла застосовуються при свердлінні; фрези – при фрезеруванні; абразивний інструмент – при шліфуванні.

Практично будь-який вид інструменту має робочу та кріпильну частини. Робоча частина здійснює основне службове призначення – різання, зрізання необхідного шару матеріалу. Робоча частина різального інструменту складається з одного або декількох лез (зубів), що мають клиноподібну форму. Така конфігурація леза дозволяє йому впроваджуватись у заготовку й переводити шар матеріалу, що зрізається, у стружку (рисунок 6.1).

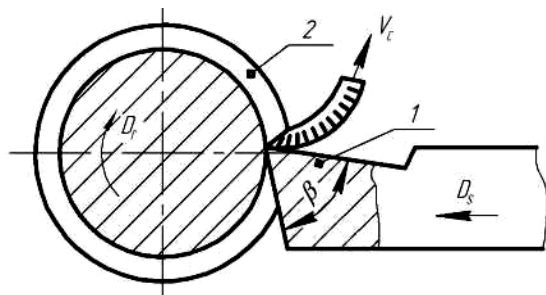


Рисунок 6.1 – Схема різання:

- 1 – лезо інструменту;
- 2 – оброблювана заготовка;
- $\beta$  – кут загострення леза

Залежно від якості поверхні, яка формується в результаті оброблення, розрізняють чорнові операції (підготовка заготовки до наступного оброблення або поверхонь, якість яких не особливо суттєва) і фінішні операції (часто таке оброблення називають тонким або чистовим).

Фінішне оброблення дозволяє одержувати поверхні, розміри нерівностей на яких не перевищують частки мікрометра.

Процес різання металів в основному характеризується швидкістю різання – кількістю металу, який знімається за одиницю часу. Але однакову швидкість різання можна отримати або повільно, знімаючи товсту стружку (мала подача і велика глибина різання), або швидко – тонку. Який варіант кращий? Вирішенням цих питань займається наука теорія різання металів, основи якої були закладені наприкінці XIX – на початку XX сторіччя.

Великі швидкості різання дозволяють за короткий відрізок часу виготовити деталь, але, поверхня, яка отримана при цьому, в переважній більшості випадків не дуже високої якості, а інструмент швидко зношується, в результаті – знижується точність оброблення.

Від того, який метал (м'який чи твердий, крихкий чи в'язкий) необхідно обробити, залежить вибір форми різального інструменту, способів і швидкості охолодження інструменту та деталі, яка обробляється. Все це і багато чого іншого необхідно враховувати при обробленні різанням. Проте, далеко не все піддається розрахункам, багато чого вирішує практичний досвід.

Для здійснення процесу різання інструменту або заготовки передають рухи. Один із них – головний ( $D_r$ ) або рух різання (рисунок 6.1), інший – рух подачі ( $D_s$ ), що забезпечує зрізання шару матеріалу зі всієї оброблюваної поверхні заготовки. Швидкість головного руху називають швидкістю різання  $v$ .

Під час оброблення заготовки на останній можна виділити три поверхні: оброблювану, з якої буде видалений матеріал у процесі різання; оброблену, з якої вже знятий шар матеріалу та поверхню різання (перехідну між оброблюваною й обробленою поверхнями), з якої знімається стружка (рисунок 6.2).

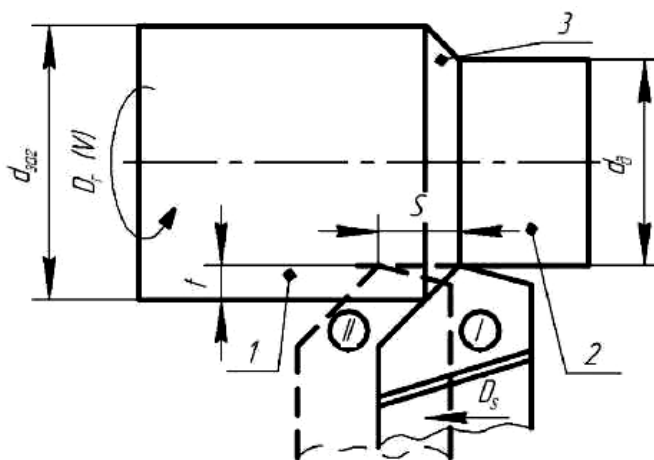


Рисунок 6.2 – Поверхні оброблення:  
1 – оброблювана; 2 – оброблена;  
3 – поверхня різання

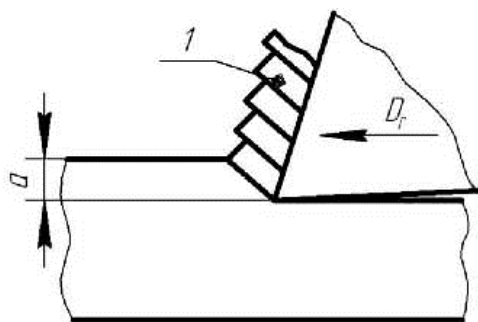


Рисунок 6.3 – Схема стружкоутворення:  $a$  – шар, що зрізається; 1 – стружка

Результати перших досліджень процесу стружкоутворення під час різання, проведені російським ученим . А. Тіме, були опубліковані у 1893 р. Він установив, що лезо інструменту, долаючи опір металу на своєму шляху, пластично деформує його й зрушує деформований об'єм на поверхні інструменту. При цьому відбувається утворення стружки, що складається з кремких деформованих об'ємів оброблюваного матеріалу заготовки (рисунок 6.3).

Під час оброблення різанням необхідно забезпечити високу продуктивність праці, яка буде залежати від швидкості різання  $v$ , глибини різання  $t$  та подачі  $s$  ( $v$ ,  $t$ ,  $s$  називають параметрами режиму різання – рисунок 6.2). При цьому  $v$  є швидкістю розглядуваної точки інструменту або заготовки під час здійснення ними головного руху й визначається за формулою , м/хв

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000},$$

де  $d$  – діаметр оброблюваної поверхні заготовки (на рисунку 6.1 –  $d_{заг}$ );  
 $n$  – частота обертання заготовки або інструменту, об/хв.

Подача  $s$ , мм/об – переміщення різальної кромки інструменту відносно обробленої поверхні в напрямку руху подачі за один оберт заготовки (див. рисунок 6.2).

Для здійснення процесу різання, до інструменту необхідно прикласти силу, величина якої визначається опором матеріалу стружкоутворенню й інтенсивністю тертя між ним та інструментом. Звичайно визначають не силу різання, а її складові відносно трьох взаємно перпендикулярних осей (рисунок 6.4) : тангенційну  $P_z$ , осьову  $P_x$  та радіальну  $P_y$ . Найбільше значення має складова  $P_z$ , що враховується під час розрахунку механізму головного руху верстата,

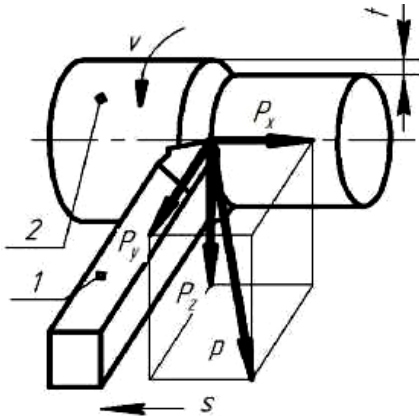


Рисунок 6.4 – Складові сили різання:  
1 – різець; 2 – заготовка

приспособувань для установаження та закріплення деталей тощо. За силою  $P_x = (0,1-0,25) P_z$  розраховують механізми руху подачі верстата.

У процесі різання відбувається робота, значна частина якої переходить у тепло, а отже й нагрівання інструменту, оброблюваної заготовки та стружки. Нагрівання інструменту призводить до погіршення його різальної здатності, а нагрівання заготовки – до зниження якості її обробленої поверхні (на ній з'являються відпали). Під час оброблення необхідно використовувати такі параметри режиму різання, щоб уникнути вказаних негативних явищ.

## 6.2. Інструментальні матеріали

Під час оброблення різанням використовують різні види різальних інструментів, робоча частина яких виконується з інструментальних матеріалів, до яких висувають певні досить жорсткі вимоги. Насамперед, вони повинні мати твердість, що перевищує твердість оброблюваного матеріалу й, разом із тим достатню ударну в'язкість, оскільки на інструмент діють великі сили, які найчастіше мають пульсуючий характер. Крім того, різальні елементи інструменту часто піддаються деформації згину, тому вони повинні бути досить міцними та зносостійкими.

Велике значення має теплопровідність інструментального матеріалу. Чим вона нижча, тим гірше відводиться тепло й тим вища температура інструменту в процесі різання. Теплопровідність тим вища, чим більшим є вміст в інструментальному матеріалі компонентів з максимальною теплопровідністю. Теплостійкість, як і теплопровідність, залежить від хімічного складу та структури інструментального матеріалу. Під теплостійкістю матеріалу розуміють його здатність зберігати свої фізико-механічні властивості, зокрема, твердість, при високій температурі.

Основними інструментальними матеріалами є зараз: швидкорізальні сталі, тверді сплави, мінералокераміка, синтетичні надтверді матеріали.

Швидкорізальні сталі – це високолеговані теплостійкі сталі, широко застосовувані для виготовлення різальних інструментів, які працюють в умовах значного силового навантаження й нагрівання різальних кромки. Теплостійкість даних матеріалів становить 600-650 °С при високих твердості (HRC = 64-70) та зносостійкості.

Тверді сплави одержують методом порошкової металургії. Їх основу складають порошки карбідів тугоплавких металів, пов'язані з металами залізної групи. Карбід – це хімічна сполука металу з вуглецем. Для виробництва інструментів використовують карбіди вольфраму, титану й танталу, а зв'язкою є кобальт. Після спікання одержують стандартні пластинки, що закріплюються на тримачі інструменту. Тверді сплави мають високі твердість (87-91 HRA), теплостійкість (950-1200 °С) та опір зношуванню. Застосування інструментів із твердих сплавів дозволяє підвищити швидкість різання в 2-2,5 рази порівняно із значеннями  $v$  при використанні швидкорізальних сталей.

Мінералокераміку виробляють переважно з корунду – мінералу кристалічної будови, що складається з оксиду алюмінію  $Al_2O_3$ . Одержують корунд із глинозему в електропечах, тому його прийнято називати електрокорундом. З електрокорунду, додаючи до нього скло як зв'язувальну речовину, виготовляють стандартні мінералокерамічні різальні пластинки. Процес виготовлення відбувається шляхом пресування під великим тиском із подальшим термічним обробленням. Твердість мінералокераміки 90-93 HRA, теплостійкість – 1500 С. Істотним недоліком мінералокерамічних пластинок є їх низька механічна міцність, тому інструмент із неї застосовують лише для тонкого остаточного оброблення.

Надтверді синтетичні матеріали виробляють на основі кубічного нітриду бору й алмазу. Кубічний нітрид бору (КНБ, бор-азот) – це штучний інструментальний мінерал темного кольору, що не має природного аналога. За твердістю він перевершує мінералокераміку й поступається лише алмазу. Матеріал на основі КНБ для виробництва лезового інструменту одержав назву композит з номерами 01, 02, 03, 05 тощо. Теплостійкість інструментів із композита 1000-1500 °С. Ним оснащують деякі види інструментів, використовуваних для оброблення сталей високої твердості. Із синтетичних алмазів (АС) виготовляють вставки до металорізальних інструментів. Характеристики міцності алмазних вставок дозволяють їм успішно витримувати значні безударні навантаження під час оброблення різанням. За твердістю синтетичні алмази лише несуттєво поступаються природним. Їх теплостійкість порівняно низька – до 650°С. Використовуються для оброблення кристалів, кераміки, твердих сплавів, пластмас. Великі швидкості різання (1000-1200 м/хв.) забезпечують високу продуктивність .

Крім перерахованих вище матеріалів, у деяких випадках для виробництва інструментів знаходить застосування вуглецева інструментальна сталь. З неї виготовлялись інструменти від появи металооброблення й до кінця першого десятиліття ХХ ст. Після термічного оброблення вуглецеві сталі мають твердість 62-63 HRC. Але остання зберігається тільки до температури 220 °С, вище якої інструмент швидко втрачає свої різальні властивості. Отже обробляти вуглецевими сталями можна зі швидкостями не більшими 20-25 м/хв., у зв'язку із чим процес різання є малопродуктивним. В наш час з вуглецевих інструментальних сталей виготовляють ручний різальний інструмент: мітчики, розвертки, свердла для ручних дрилів тощо.

### 6.3. Металорізальний інструмент

Металорізальні інструменти призначені для зрізання матеріалу із заготовки та формування обробленої поверхні деталі відповідно до заданих розмірів й точності. Незважаючи на велику розмаїтість видів інструментів, усі вони мають загальні елементи: робочу та кріпильну частини. Робоча частина здійснює основне службове призначення – різання; кріпильна частина забезпечує установлення та закріплення інструменту на верстаті.

#### Класифікація різальних інструментів

Правильно побудована класифікація інструменту забезпечує чітке та систематизоване викладення основ його конструювання і виробництва. Основною класифікаційною ознакою різальних інструментів є технологічний спосіб оброблення, що реалізується з їх допомогою: точіння, фрезерування, оброблення отворів тощо. У зв'язку з цим, весь різальний інструмент можна розділити на 8 груп. Коротка характеристика інструменту кожної групи й сфера його застосування подані в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Групи інструментів

№ групи	Назва групи	Коротка характеристика інструменту групи	Сфера застосування інструменту
1	2	3	4
I	Різці загального призначення	Однолезовий інструмент для оброблення різанням та інструмент, що працює методом пластичного деформування	Оброблення поверхонь різної форми на токарних, стругальних, довбальних та інших верстатах
II	Фрези	Багатолезовий інструмент, виконаний у вигляді тіла обертання з зубцями на твірній і (або) торцевій поверхні	Оброблення різних за формою зовнішніх та внутрішніх поверхонь (площин, пазів, уступів)
III	Свердла, зенкери, розвертки	Багатолезові інструменти з кількістю зубців $Z = 2-8$	Одержання отворів, знімання фасок в отворах
IV	Протяжки та прошивки	Багато зубцеві інструменти, наступні зубці яких вищі за попередні на певну висоту. Робота різання зубцями здійснюється послідовно	Оброблення різних за формою зовнішніх та внутрішніх поверхонь (отворів, площин, пазів, уступів тощо)

1	2	3	4
V	Зуборізний інструмент	Одно- і багатозубцевий інструмент, що працює як за методом обкатування, так й за методом копіювання	Нарізання зубців зубчастих коліс, шліців та інших складних профілів на деталях
VI	Різьбонарізний інструмент	Багатолезовий інструмент для оброблення різанням та інструмент, що працює методом пластичного деформування	Нарізання зовнішніх та внутрішніх різьб різних типів

Техніко-економічна доцільність застосування того або іншого інструменту з вказаних в таблиці 6.1 буде залежати від розмірів та форми деталі, а також від типу її виробництва.

Одну й ту саму за формою оброблювану поверхню можна одержати інструментами різних груп. Вибір конкретного інструменту визначається типом виробництва, конфігурацією деталі, що виготовляється, її заданими квалітетами точності та шорсткістю оброблених поверхонь.

Так, остаточне оброблення отвору за 7–8 квалітетами точності (H7–H8), діаметром 40 мм з шорсткістю  $Ra = 5–10$  мкм може бути забезпечена зенкером, протяжкою або розточувальним різцем .

Сферу застосування інструменту залежно від виду оброблюваної поверхні можна визначити за таблицею 6.2.

Таблиця 6.2 – Застосування різальних інструментів

Оброблювані поверхні	Застосовувані різальні інструменти
Тіла обертання та зовнішні поверхні корпусних деталей різної форми	Різці, фрези, протяжки, абразивні інструменти
Отвори циліндричні, конічні, фасонні	Різці, свердла, зенкери, розвертки, протяжки, абразивні інструменти
Різи	Різці, різьбові гребінки, мітчики, плашки, різьбові фрези, гвинторізні головки, накатні й абразивні інструменти
Зубці зубчастих коліс, шліцьові та шпонкові пази	Дискові, кінцеві та черв'ячні фрези, зуборізні довбачі, зубостругальні різці, зуборізні головки, протяжки, абразивні шліфувальні круги

## Різці

Різці – найбільш розповсюджений вид різального інструменту, який використовується під час оброблення на верстатах токарної, стругальної й довбальної груп. Токарне оброблення дозволяє одержати різні форми поверхонь, з використанням тих чи інших видів різців (рисунок 6.5). Різці, призначені для оброблення зовнішніх поверхонь, не мають спеціальної назви, а різці, призначені для оброблення внутрішніх поверхонь, називають розточувальними (рисунок 6.5, и). Основна класифікація різців – за видом виконуваної роботи. Так, прохідні різці слугують для оброблення циліндричної поверхні заготовки з рухом подачі  $D_s$  уздовж її осі (рисунок 6.5, а-в). Для обточування торцевих поверхонь використовують поперечну подачу та підрізні різці (рисунок 6.5, г).

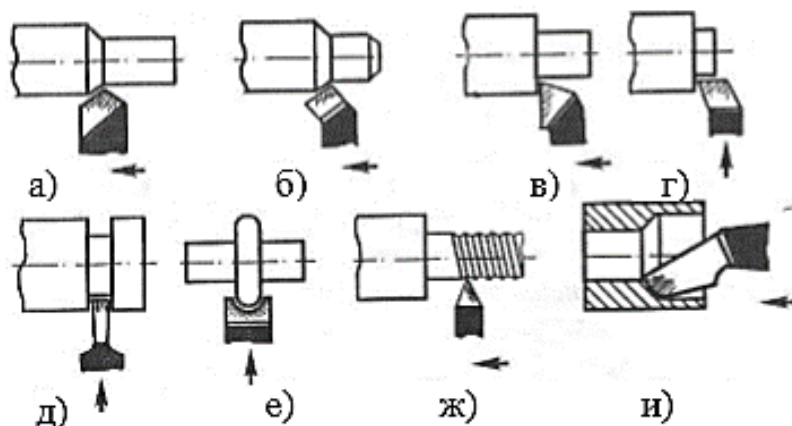


Рисунок 6.5 – Токарні різці:

- а – прохідний прямий; б – прохідний відігнутий;
- в – прохідний упорний; г – підрізний;
- д – відрізний; е – фасонний; ж – різьбонарізний;
- и – розточувальний

Для оброблення прямих канавок та для відрізання матеріалу слугують відрізні різці (рисунок 6.5, д). Під час оброблення фасонних канавок та виступів застосовують фасонні різці (рисунок 6.5, е). Нарізання метричної різьби здійснюють різьбовим різцем (рисунок 6.5, ж), який має кут при вершині рівний  $60^\circ$ , що відповідає куту профілю різьби.

Використовується ще ряд класифікацій інструментів. Так, різальна частина може бути виконана зі швидкорізальної сталі, твердого сплаву, мінералокераміки, надтвердих синтетичних матеріалів. За конструкцією різці можуть бути суцільними (при малих габаритах інструменту), складеними та збірними.

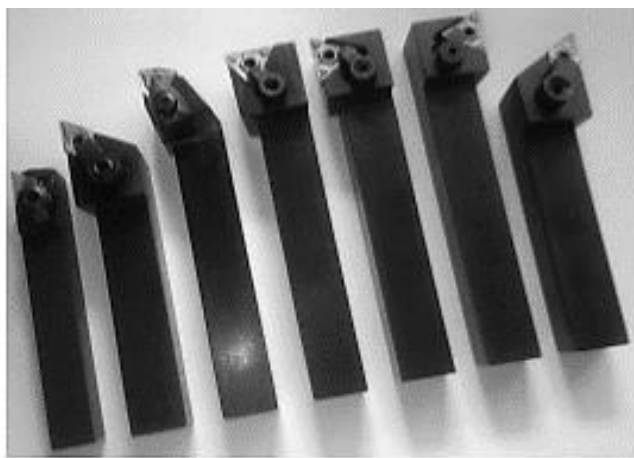


Рисунок 6.6 – Різці із змінними багатограними пластинами

У складених конструкціях робоча частина та тримач різця з'єднані зварюванням або паянням. Така конструкція забезпечує економію інструментального матеріалу. У збірних інструментах різальний елемент – змінна багатогранна пластина (ЗБП) – механічно закріплюється на тримачі різця, що забезпечує його багаторазове використання (рисунок 6.6).



## Фрези

Фрези – основний вид інструментів для попередньої, а часто й для остаточного оброблення плоских, циліндричних, фасонних, гвинтових поверхонь. Точність оброблення відповідає IT7–IT12, шорсткість  $Rz = 80-5$  мкм. За один прохід при фрезеруванні знімають припуск до 5–8 мм, а іноді й до 12–20 мм.

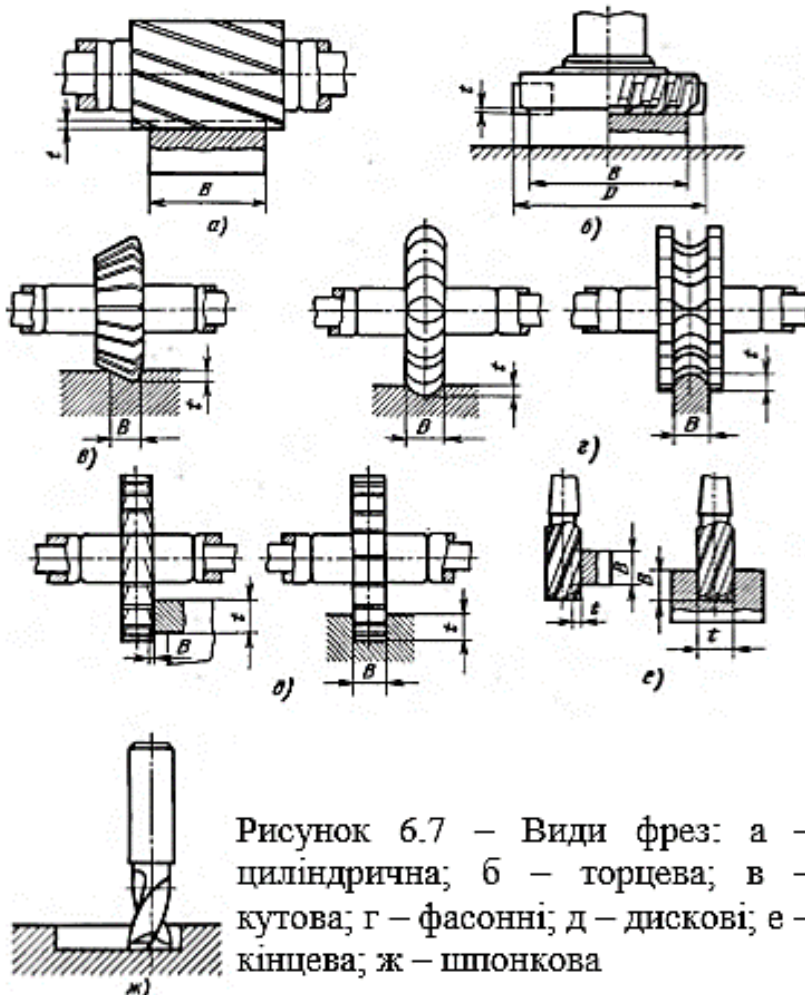


Рисунок 6.7 – Види фрез: а – циліндрична; б – торцева; в – кутова; г – фасонні; д – дискові; е – кінцева; ж – шпонкова

Фрези (рисунок 6.7, д) слугують для фрезерування пазів, уступів або нешироких площин. Для оброблення пазів, канавок та гвинтових поверхонь використовують кутові й фасонні фрези (рисунок 6.7, в, г).

Всі фрези мають робочу частину, оснащену різальними зубцями та кріпильно-приєднувальну частину у вигляді хвостовика або отвору. Крутний момент від верстата передається або через хвостовик, або через подовжній чи торцевий шпонковий паз.

Фрези, як і будь-який лезовий інструмент, можуть бути суцільними, складеними та збірними. У складених фрезах хвостовик або зубці приварені (або припаяні) до кріпильної частини інструменту. У збірних фрезах зубці механічно закріплені в корпусі. Пластини зі швидкорізальних сталей безпосередньо закріплюють у корпусі, виготовленому зі сталі 40Х. Твердосплавні пластини приварюють або припаюють до ножів, що зв'язані із корпусом.

За конструктивно-цільовою ознакою фрези поділяють на циліндричні, торцеві, кінцеві, дискові, відрізні, фасонні, шпонкові та інші (рисунок 6.7). Циліндричні та торцеві фрези з дрібним зубом використовують для чистового ( $Ra < 2,5$  мкм) і напівчистового ( $Ra < 10$  мкм) оброблення плоских поверхонь, фрези з крупним зубом – для чорнового оброблення при великих глибинах різання ( $t=5-8$  мм).

Кінцеві фрези (рисунок 6.7, е) слугують для оброблення нешироких площин, уступів, пазів. Шпонкові фрези (рисунок 6.7, ж) призначені для оброблення шпонкових пазів. Дискові тристоронні



Рисунок 6.8 – Оброблення складеною кінцевою фрезою

Твердосплавні пластини круглої або багатогранної форми кріплять безпосередньо у корпусі або до тримачів, що установлені в корпусі (рисунок 6.8).

Окрім твердих сплавів та швидкорізальних сталей для виготовлення різальної частини фрез використовують надтверді матеріали (композити та кераміку).

Вибір виду та конструкції фрези здійснюють залежно від виду й характеру оброблення (наявності на заготовці корки, при виникненні ударів під час фрезерування), типу виробництва, оброблюваного матеріалу та його твердості, величини припуску, що знімається, вимог точності і шорсткості, глибини різання, розмірів деталі, типу використовуваного обладнання.

### Свердла, зенкери, розвертки

Ці інструменти належать до групи осьових і слугують для оброблення отворів. Найпоширенішим їхнім видом є спіральні свердла (рисунок 6.9, а), що забезпечують утворення отворів в суцільному матеріалі та розсвердлювання попередньо виконаних отворів з точністю, що відповідає IT12-IT14 й шорсткістю  $Ra = 0,8-25$  мкм.

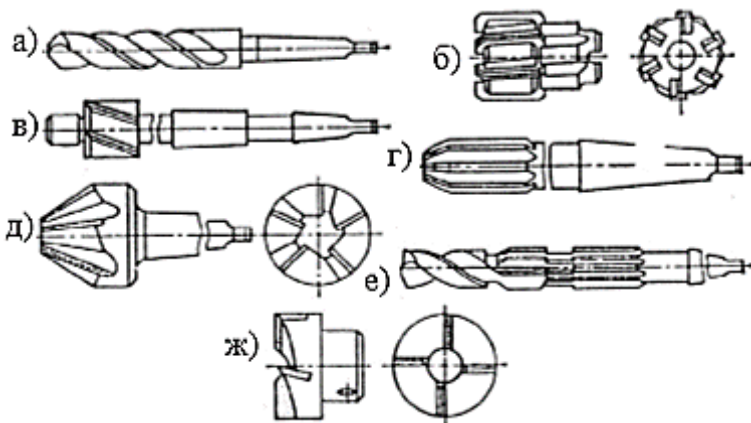


Рисунок 6.9 – Осьовий різальний інструмент:

- а) – свердло; б) – зенкер; в), ж) – цеківки;
- г) – розвертка; д) – зенківка;
- е) – свердло-зенкер-розвертка

Для оброблення попередньо виконаних отворів із досягненням більш високої точності (IT10—IT11) і зниженням шорсткості до  $Ra = 0,4-20$  мкм оброблених поверхонь використовують зенкери (рисунок 6.9, б).

Одержання отворів за IT7-IT8 при  $Ra = 0,4-6,3$  мкм можливо після зенкерування та розвертування. Для реалізації останньої стадії використовується розвертка (рисунок 6.9, в), що є багатозубим інструментом й

знімає шар металу товщиною 0,05-0,2 мм на діаметр.

Для оброблення циліндричних заглиблень в отворах або виступів (бобишок) на зовнішніх поверхнях застосовують цеківки: внутрішні (рисунок 6.9, г) та зовнішні (рисунок 6.9, д).

## Протяжки

Протяжка – багатолезовий інструмент із рядом лез, що виступають одне над одним (рисунок 6.10), призначений для оброблення отворів різної форми, пазів та зовнішніх поверхонь. Головний рух  $D_2$  у протяжок прямолінійний поступальний.

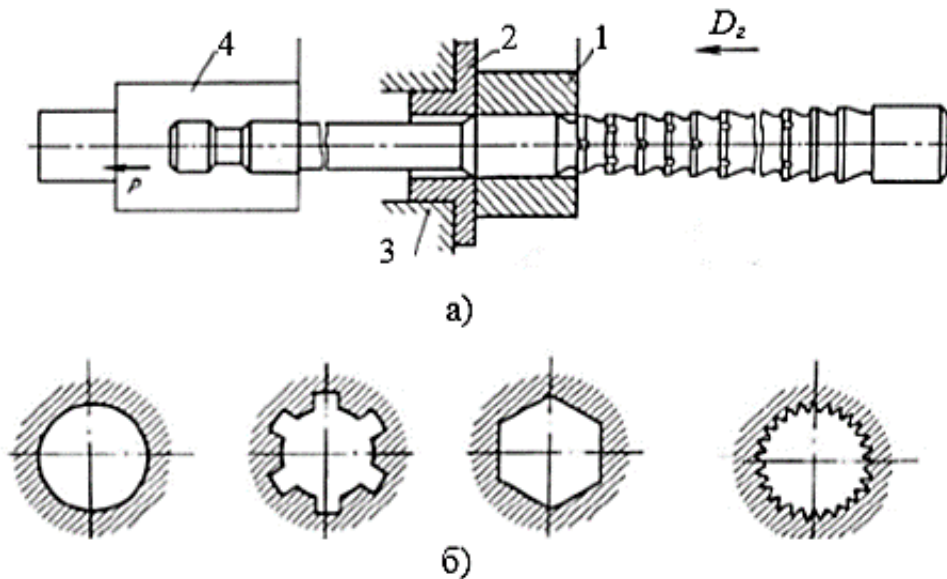


Рисунок 6.10 – Схема протягування (а) та форми протягнутих отворів (б):  
1 – заготовка; 2, 3 – пристосування; 4 – виконавчий елемент верстата

Знімання припуску під час протягування відбувається за рахунок того, що на протяжці кожен наступний зуб розташований вище попереднього на величину  $S_z$ . Таким чином, перший зуб протяжки починає різання, а останній завершує.

Під час протягування можна одержати поверхні за IT7-IT8, із  $Ra = 0,32-6,3$  мкм. Незважаючи на невелику швидкість різання при протягуванні (зазвичай  $v=5-6$  м/хв.), цей процес дуже продуктивний. Оброблення круглого отвору займає десяти частки хвилини.

## Зуборізний інструмент

Відомо, що раніше зубчасті колеса виготовлялися методом лиття. Але точність та міцність зубів таких коліс були недостатніми, тому механізми з литими зубчастими колесами могли надійно працювати лише при невеликих швидкостях й не передавали значних зусиль.

Потреба в більш точних колесах призвела до розроблення методу копіювання – нарізання зубів дисковими або пальцевими фасонними зуборізними фрезами. Останні мають профіль, що відповідає западині зуба оброблюваного колеса. Після фрезерування однієї западини заготовку за допомогою ділильної головки повертають для нарізання наступного зуба й так далі, доти поки не буде нарізаний весь зубчастий вінець колеса (рисунок 6.11). До недоліків методу копіювання можна віднести невисоку точність профілю зубів та порівняно низьку продуктивність процесу.

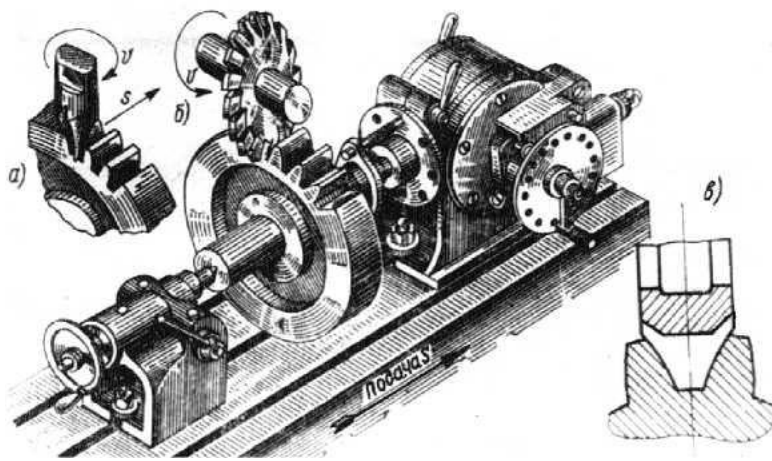


Рисунок 6.11 – Оброблення зубів методом копіювання:

а – пальцевою фрезою; б, в – дисковою фрезою;  
1 – ділильна головка

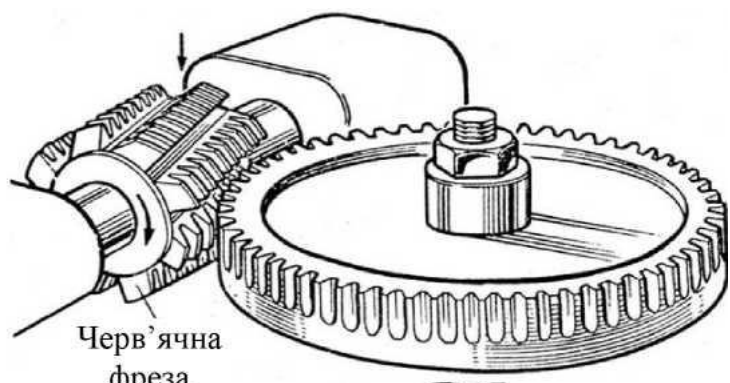
На зміну фасонним зуборізним фрезам прийшли інструменти та верстати, що забезпечують безперервну обробку зубчастих коліс методом обкатування. Суть останнього полягає в тому, що в процесі нарізання зубів відтворюється зачеплення зубчастої пари, у якій заготовка є однією ланкою пари, а різальний інструмент – іншою. У процесі оброблення різальний інструмент та заготовка взаємно обкатуються і

внаслідок передачі інструменту руху різання, він поступово зрізає метал у місцях западин, утворюючи евольвент-ний профіль зубів. Для реалізації методу використовують черв'ячні зуборізні фрези, зуборізні довбачі – для нарізання циліндричних коліс зовнішнього та внутрішнього зачеплення і зубостругальні різці – для одержання конічних коліс.

На рисунку 6.12 показані черв'ячна фреза й схема оброблення зубів на зубофрезерному верстаті. Головним рухом  $D_r$  буде обертальний рух фрези, рухом подачі  $D_s$  – поступальний рух супорта з установленою на ньому фрезою, що забезпечує обробку зуба по всій ширині, рухом ділення  $D_{skp}$  – обертальний рух заготовки/



а)



б)

Рисунок 6.12 – Черв'ячна фреза (а) та схема нарізання шестерні (б)

Зуборізні довбачі (рисунок 6.13, а) використовують для нарізання зубів на багатовінцевих зубчастих колесах та коліс із внутрішнім зачепленням, на зубодовбальних верстатах. Окремі прямозубі зубчасті колеса нарізають за допомогою інструментальних рейок (рисунок 6.13, б).

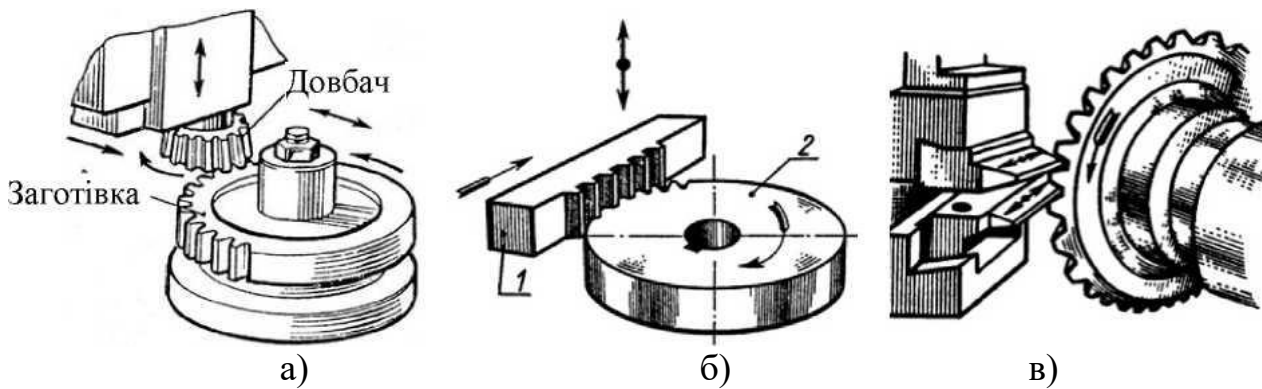


Рисунок 6.13 – Нарізання зубів: а – довбачем; б – рейкою; в – різцями

Нарізання зубів на прямозубих конічних колесах методом обкату здійснюють зубостругальними різцями на зубостругальних верстатах (рисунок 6.13, в). Кожна сторона зуба колеса обробляється двома різцями при їх зворотно-поступальних переміщеннях у протиході. Після оброблення одного зуба ділильний механізм верстата повертає заготовку для оброблення наступного зуба й так до завершення оброблення всіх зубів конічного колеса.

### Різенарізний інструмент

Деталі з різцями є одними з найбільш поширених у машинобудуванні. Для нарізання різі залежно від її виду, розмірів, вимог точності, якості поверхні, типу виробництва, можуть застосовуватись ті чи інші інструменти.

Досить поширеним є нарізання різі різцями на токарно-гвинторізних верстатах (див. рисунок 6.5, ж). В такий спосіб можна одержувати зовнішні та внутрішні різі гострокутного, трапецеїдального, прямокутного профілю. Різеві різці є різновидом фасонних інструментів з формою різальної частини, що відповідає профілю різі. Нарізання здійснюється в кілька проходів, кількість яких залежить від кроку різі та необхідної точності. Недоліком такого способу є мала продуктивність.

Різ в отворі можна одержати мітчиком (рисунок 6.14, а), а на валу – плашкою (рисунок 6.14, б). В серійному та масовому виробництві нарізання зовнішньої різі плашками економічно не вигідно, тому для виконання цієї операції використовують різенарізні головки (рисунок 6.15).

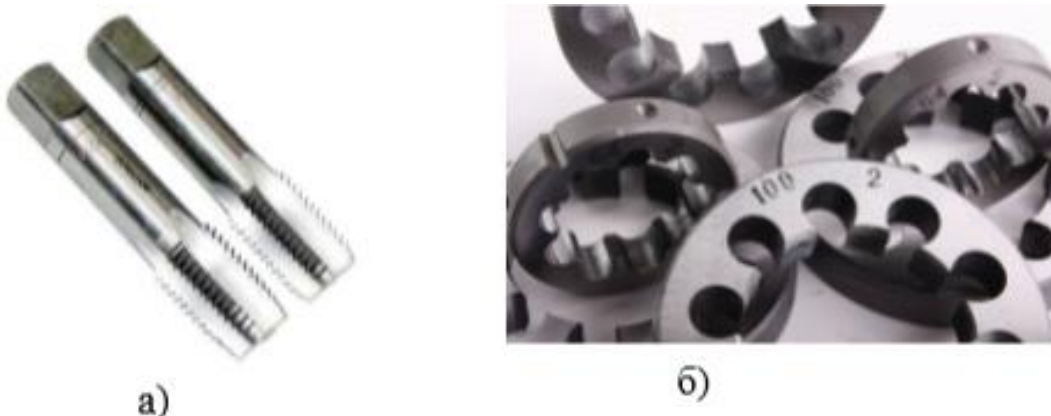


Рисунок 6.14 – Мітчики (а) та плашки (б)



Рисунок 6.15 – Різенарізна головка

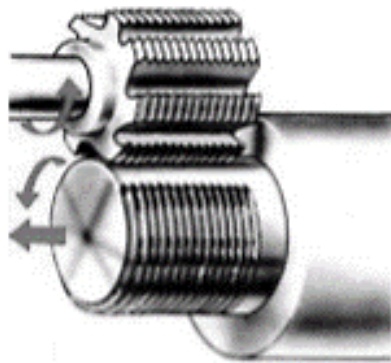


Рисунок 6.16 – Нарізання різі гребінчастою фрезою

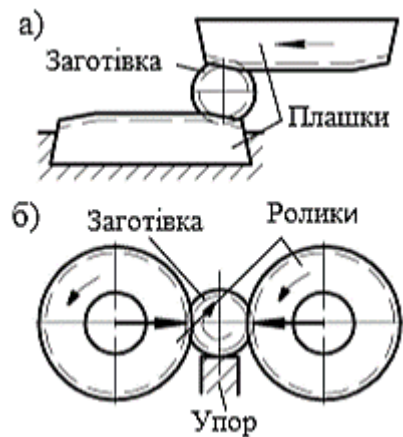


Рисунок 6.17 – Схеми накатування різі плашками (а) та роликами (б)

Короткі за довжиною різі можна нарізати методом фрезерування груповою (гребінчастою) фрезою (рисунок 6.16). Оскільки різеві фрези відносять до багатозубих інструментів, процес різенарізання ними більш продуктивний порівняно із нарізанням різі різцями.

Різь на гвинтах, шпильках, мітчиках та на інших деталях можна одержати накатуванням за допомогою таких інструментів, як накатні плашки (рисунок 6.17, а) й ролики (рисунок 6.17, б). Обидва інструменти працюють комплектом, що складається з двох елементів. Під час накатування оброблений поверхневий шар різі одержує більш високі механічні властивості (підвищені твердість та міцність).

### Абразивний інструмент

Основною характерною ознакою абразивного інструменту є наявність великої кількості різальних зерен із абразивного матеріалу на його робочих поверхнях. В наш час в якості абразивного матеріалу найчастіше застосовують електрокорунд, карбід кремнію, синтетичний алмаз та ельбор. Додаючи до абразивного матеріалу зв'язку, виготовляють абразивний інструмент, який залежно від форми можна розділити на чотири групи: шліфувальні круги, головки, сегменти та бруски (рисунок 6.18).

Шліфувальні круги (рисунок 6.18, а) представляють собою тіла обертання й призначені для шліфування деталей з різних матеріалів. Шліфувальні головки випускають семи типорозмірів (рисунок 6.18, б). Вони слугують для шліфування в деталях отворів малого розміру та зачищення деталей з використанням ручного інструменту. Сегменти (рисунок 6.18, в) головним чином, використовуються для виготовлення кругів переривчастого різання, що забезпечує їх роботу з меншим нагріванням оброблюваної поверхні деталі. За допомогою шліфувальних брусків (рисунок 6.18, г) виконують операції хонінгування та суперфінішування при виготовленні інструментів, а також під час здійснення ручних слюсарних робіт.

Найбільш поширеними видами шліфування є кругле зовнішнє та внутрішнє, плоске і безцентрове (рисунок 6.19).

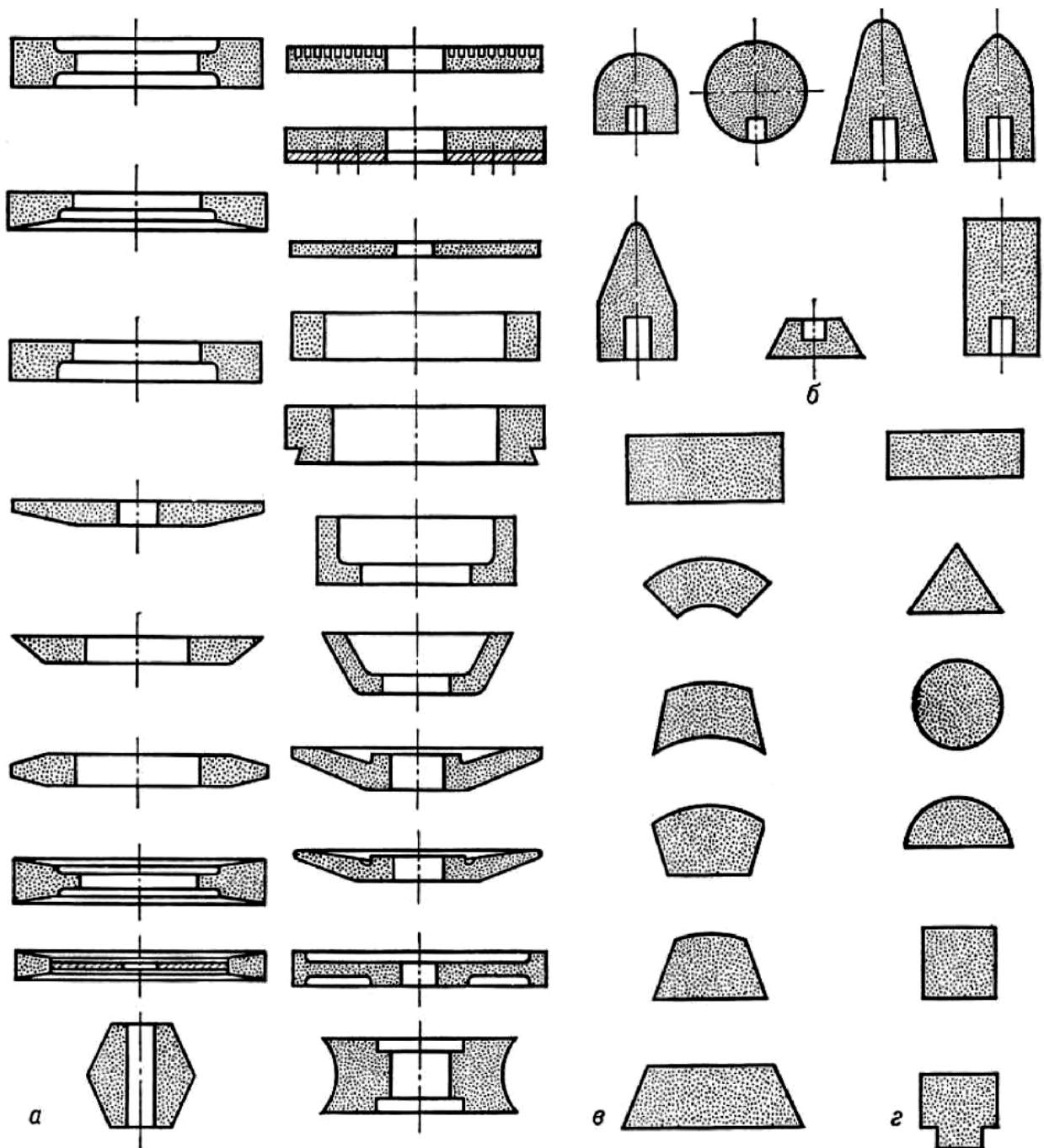


Рисунок 6.18 – Шліфувальні круги (а), головки (б), сегменти (в), бруски (г)

При цьому круглим шліфуванням (рисунок 6.19, а-г) називають оброблення поверхні обертання, плоским шліфуванням (рисунок 6.19, д, е) – оброблення плоскої поверхні, профільним шліфуванням – оброблення поверхні, твірна якої є кривою або ламаною лінією, сферошліфуванням – оброблення сферичної поверхні, зубошліфуванням – оброблення бічних поверхонь зубів зубчастих коліс, різьбошліфуванням – оброблення бічних сторін та западин профілю різі, шлицешліфуванням – оброблення шлицьових поверхонь.

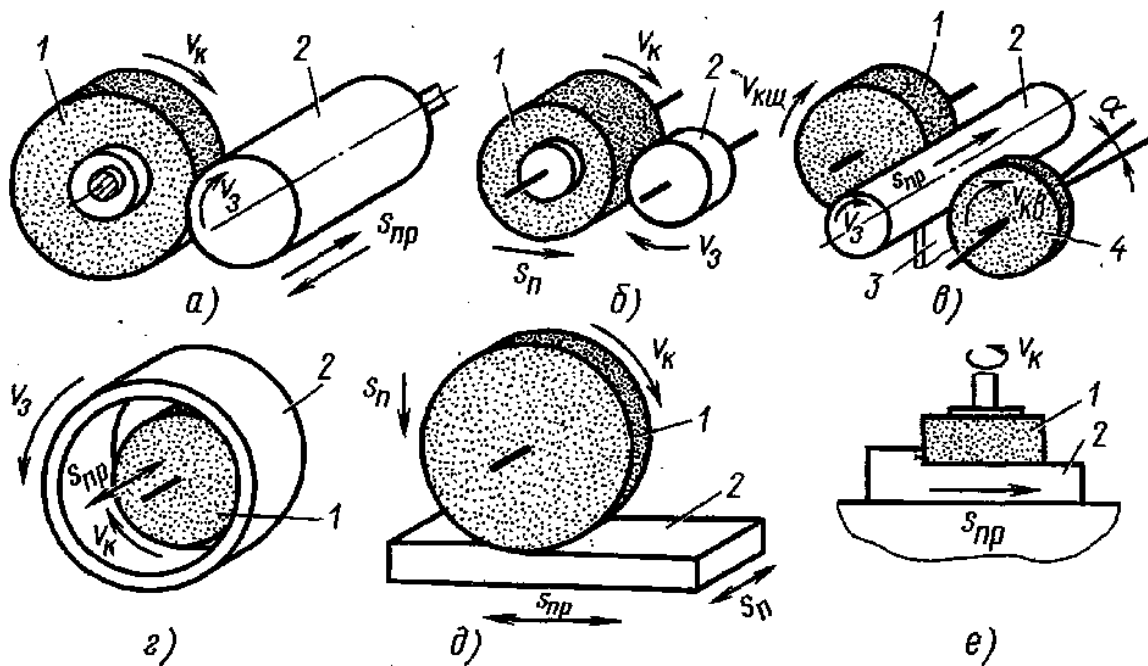


Рисунок 6.19 – Схеми основних видів шліфування:  
 а, б – круглого зовнішнього; в – круглого безцентрового; г – круглого внутрішнього; д – плоского периферією круга; е – плоского торцем круга; 1 – шліфувальний круг; 2 – заготовка; 3 – опорний ніж; 4 – ведучий круг

Також шліфування поділяють на зовнішнє, коли обробляється зовнішня поверхня заготовки (рисунок 6.19, а – в, д, е) та внутрішнє (рисунок 6.19, г) – обробляється внутрішня поверхня заготовки.

Розрізняють шліфування периферією круга (різальною частиною круга є його зовнішня поверхня з твірною, рівнобіжною осі обертання – рисунок 6.19, а-д) та торцем круга (різальною частиною є торець кола – рисунок 6.19, е).

Процес шліфування здійснюють з реалізацією кількох рухів: головного – обертання шліфувального круга 1 зі швидкістю  $v_k$  (при безцентровому шліфуванні відбувається одночасне обертання шліфувального круга 1 та ведучого круга 4 зі швидкостями відповідно  $v_{kш}$  та  $v_{кв}$  – рисунок 6.19, в), а також рухами подачі – кругової подачі (обертанням) заготовки 2 –  $v_3$ , поздовжньою  $s_{пр}$  та поперечною  $s_n$  подачами заготовки або круга.

Швидкість різання при шліфуванні перевищує швидкість різання при лезовому обробленні і становить 25-35 м/с (звичайне шліфування), 35-60 м/с (швидкісне шліфування) та понад 60 м/с (високошвидкісне шліфування). При шліфуванні швидкість різання значно перевершує швидкість подачі.

#### 6.4.Токарне оброблення

Токарне оброблення – це технологічний процес, при якому різець із спеціальною різальною кромкою зменшує діаметр виробу, який обробляється. Різання відбувається за рахунок обертання заготовки, а подачу і поперечне



переміщення здійснює різальний інструмент. Варіюючи ці три основні переміщення, а також обираючи відповідну геометрію різальної кромки інструменту і матеріал, можна впливати на розмір знімання припуску з заготовки, на якість обробленої поверхні, на форму утвореної стружки і зношення інструменту.

Токарне оброблення є найбільш поширеним методом оброблення різанням і застосовується при виготовленні деталей типу тіл обертання (валів, дисків, фланців, втулок тощо). Основні види токарних робіт зображені на рисунку 6.20.

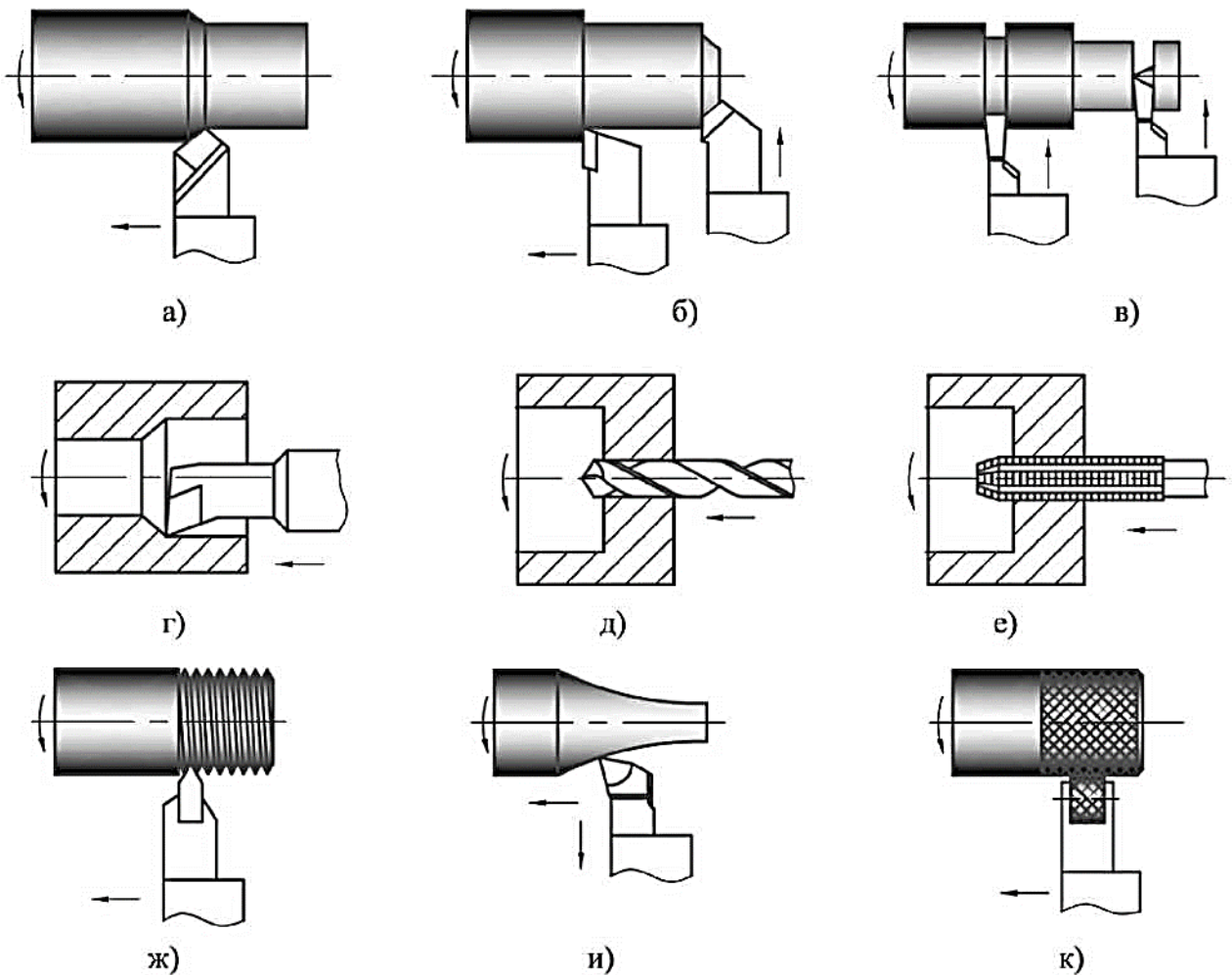


Рисунок 6.20 – Види токарного оброблення:

- а – оброблення зовнішніх циліндричних та конічних поверхонь;
- б – оброблення торцевих поверхонь; в – точіння канавок, відрізання;
- г – оброблення внутрішніх циліндричних та конічних поверхонь;
- д – свердління, розсвердлювання, зенкування; е – нарізання різі мітчиком;
- ж – нарізання різі різцем; и – оброблення фасонних поверхонь; к – нанесення рифлень

Токарний верстат (рис. 6.21) складається з таких вузлів. Станина 12 з горизонтальними направляючими служить для монтажу вузлів верстату і закріплена на двох тумбах 1. В передній бабці 5 змонтована коробка швидкостей

і шпиндель, на якому закріплюється патрон 6. На лицевій поверхні передньої бабки також встановлена панель керування 4. З лицевого боку станини кріпиться коробка подач 2. З лівого торцевого боку станини встановлена коробка 3 змінних зубчастих коліс. По направляючих станини переміщується поздовжній супорт 9, який забезпечує поздовжню подачу різця. По направляючих супорта рухається поперечна каретка з верхнім супортом 8, яка забезпечує поперечне переміщення різця. На верхньому супорті змонтовано різцетримач 7. До поздовжнього супорта кріпиться фартух 10, в якому змонтовані механізми і передачі, які перетворюють обертовий рух ходового валу в поступальні рухи супортів. Задня бабка 11 встановлена з правого боку станини, переміщується по її направляючих і служить для встановлення заднього центра або інструменту для оброблення отворів.

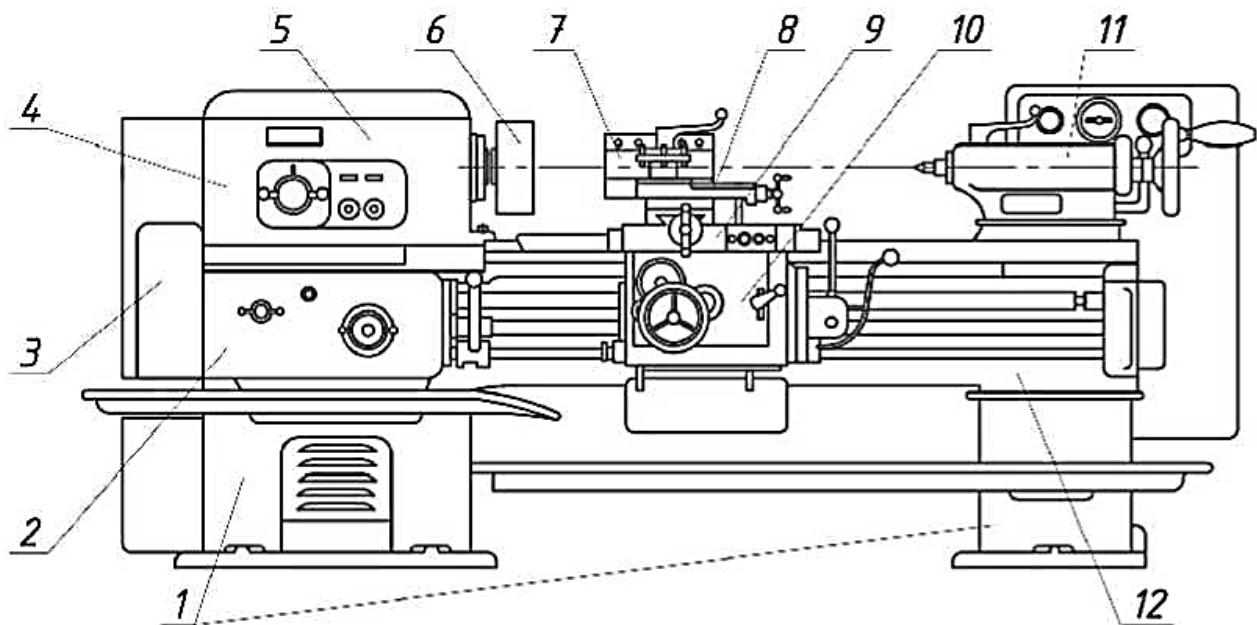


Рисунок 6.21 – Загальний вигляд токарного верстата

Змінюючи базову модель, одержують множину варіантів токарних верстатів – від універсального до спеціалізованого автомата, призначеного лише для одного виду виробів.

Основні типи токарних верстатів:

1. Центровий. Використовується частіше за інших. Деталь, що обробляється, кріпиться між центрами планшайбою або в патроні.

2. Багаторізцевий. Дозволяє задіяти одночасно декілька різальних інструментів.

3. Токарно-револьверний, токарно-револьверний із подовжніми полозками. На них заготовка обробляється декількома різцями, що вступають у дію послідовно один за іншим. Різці кріпляться в револьверній головці, яка, повертаючись, виводить їх у робоче положення. Головки зазвичай мають вигляд дисків або корончату форму, але є верстати з барабанною револьверною головкою.

4. Копіювально-токарний. Необхідна форма надається заготовці від шаблону копіювальним пристроєм.

5. Токарний автомат. Всі операції, у тому числі і зміна оброблюваної деталі, автоматизовані. Розрізняють пруткові і патронні автомати.

6. Вертикально-токарний (токарно-карусельний). Заготовка, закріплена на горизонтальному столі, обертається разом із ним навколо вертикальної осі. Цей тип верстата зазвичай використовується для механічного оброблення великих виливків і поковок.

7. Верстати з числовим програмним керуванням (ЧПК) і ЧПК типу CNC (Computer Numerical Control). Всі вищезгадані верстати можуть бути обладнані пристроєм із числовим програмним керуванням (NC) або з автоматизованим числовим керуванням типу CNC. Такі напівавтоматизовані або цілком автоматизовані верстати знаходять універсальне застосування завдяки експлуатаційній гнучкості і легкому програмуванню системи керування.

Подальший розвиток токарних верстатів пов'язаний з вдосконаленням системи керування. Це призведе до того, що використання більш ефективних комп'ютерів у технологічному процесі буде сприяти оптимізації операцій механічного оброблення.

## 6.5. Фрезерне оброблення

Фрезерування є одним із найвисокопродуктивніших і найпоширеніших методів оброблення поверхонь заготовок багатолезовим різальним інструментом – різцем.

Технологічний метод формоутворення поверхонь фрезеруванням характеризується головним обертальним рухом інструменту і поступальним в більшості випадків рухом подачі заготовки. Подачею може бути також і обертовий рух заготовки навколо осі стола чи барабана, які обертаються.

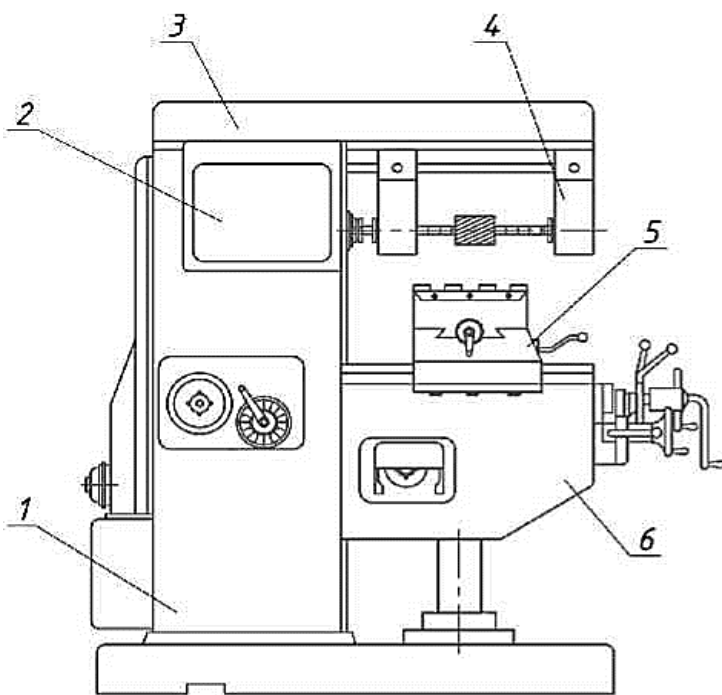


Рисунок 6.22 – Загальний вигляд горизонтально-фрезерного верстата

Розрізняють два основних типи фрезерних верстатів: горизонтально-фрезерні і вертикально-фрезерні.

Горизонтально-фрезерний верстат (рис. 6.22) складається із станини 1, в якій розміщена коробка швидкостей 2. По вертикальних направляючих станини переміщується консоль 6 з коробкою подач. Заготовка встановлюється на столі 5, який переміщується по направляючих. В верхній частині станини 1 розташований хобот 3, по направляючих якого переміщується підвіска 4 для підтримування другого

кінця оправки з фрезою.

Вертикально-фрезерний верстат (рис. 6.23) має багато спільного з горизонтально-фрезерним. В станині 1 розміщена коробка швидкостей 2. Шпиндельна головка 3 з віссю шпинделя 4 змонтована в верхній частині станини. Робочий стіл 5 переміщується по направляючих. В консолі 6 змонтована коробка подач.

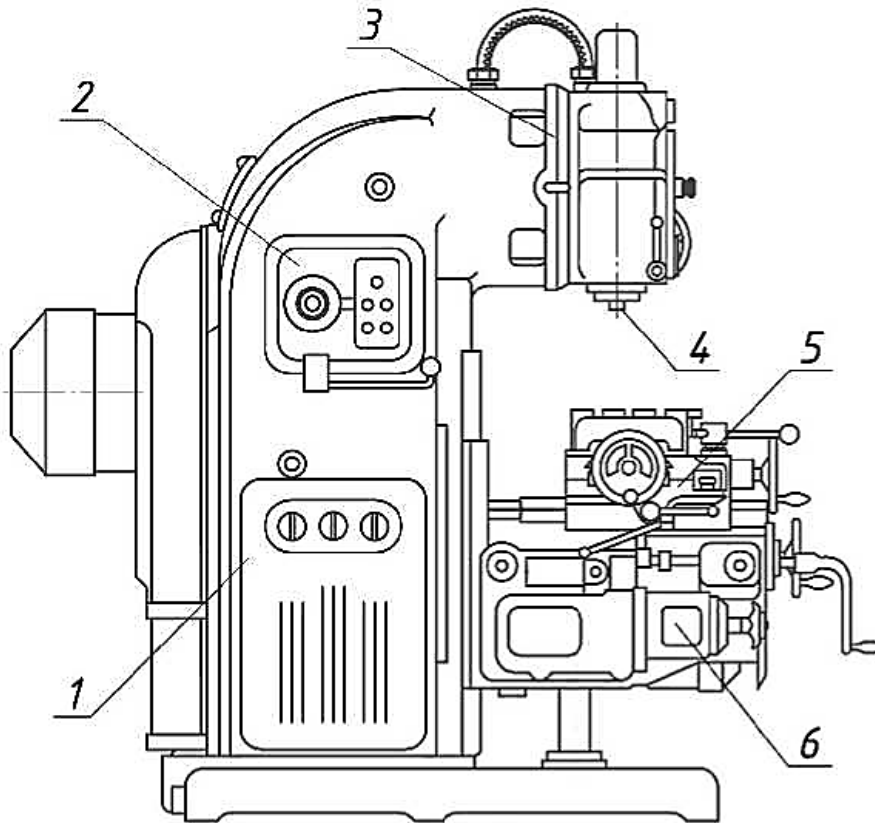


Рисунок 6.23 – Загальний вигляд вертикально-фрезерного верстата

На фрезерних верстатах обробляють горизонтальні, вертикальні і похилі площини, фасонні поверхні, уступи і пази різного профілю (рис. 6.24).

Горизонтальні площини фрезерують на горизонтально-фрезерних верстатах циліндричними фрезами (рис. 6.24, а) і на вертикально-фрезерних верстатах – торцевими фрезами (рис. 6.24, б).

Вертикальні площини фрезерують на горизонтально-фрезерних верстатах торцевими фрезами (рис. 6.24, в) і кінцевими фрезами на вертикально-фрезерних верстатах (рис. 6.24, г).

Похилі площини та скоси фрезерують торцевими (рис. 6.24, д) і кінцевими (рис. 6.24, е) фрезами на вертикально-фрезерних верстатах, а також на горизонтально-фрезерних верстатах однокутовою фрезою (рис. 6.24, ж).

Комбіновані поверхні фрезерують набором фрез (рис. 5, и) на горизонтально-фрезерних верстатах.

Уступи та прямокутні пази фрезерують дисковими (рис. 6.24, к) і кінцевими (рис. 6.24, л) фрезами на вертикально- і горизонтально-фрезерних верстатах.

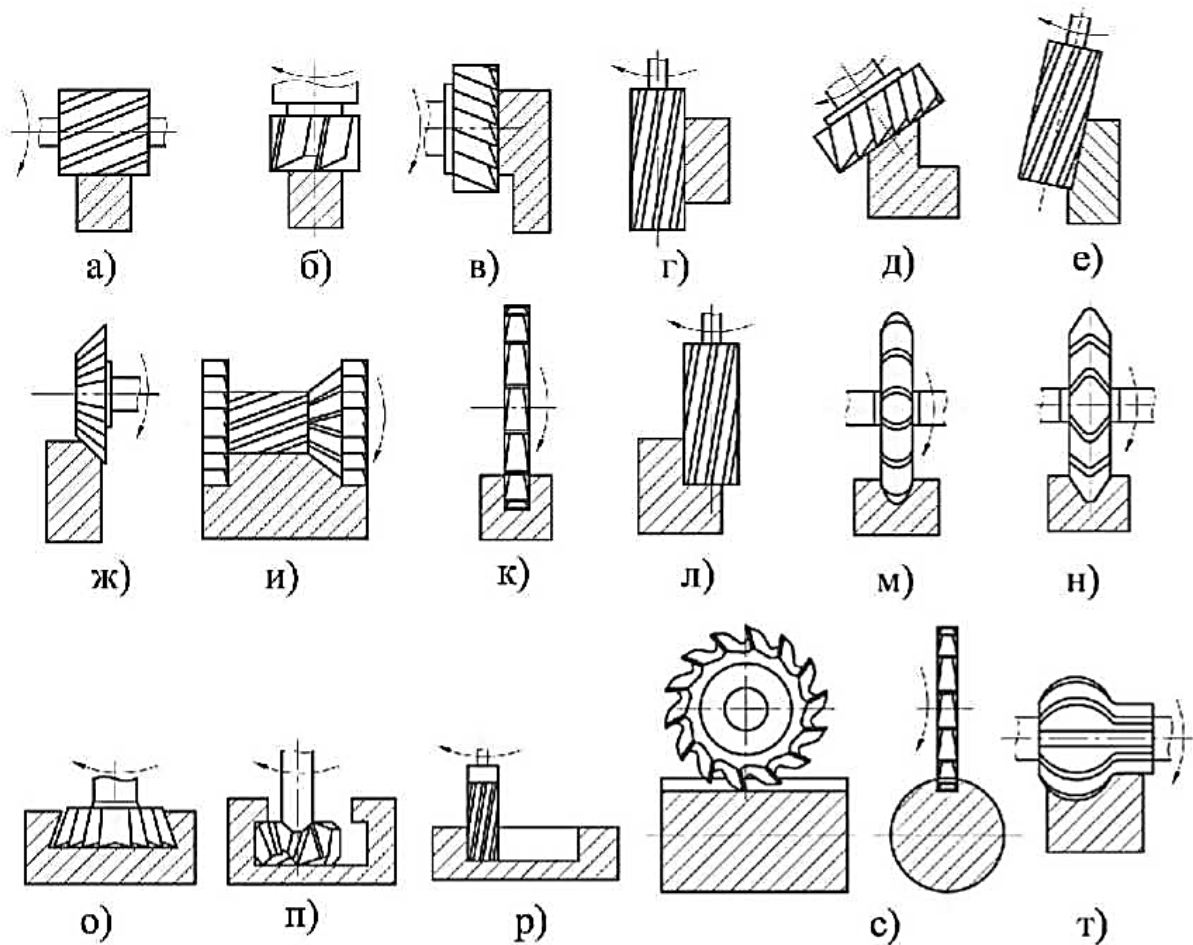


Рисунок 6.24 – Схеми оброблення поверхонь на фрезерних верстатах

Фасонні пази фрезерують фасонною дисковою фрезою (рис. 6.24, м), кутові пази – однокутовою та двокучтовою фрезами на горизонтально-фрезерних верстатах (рис. 6.24, н); пази типу «ластівчиного хвоста» фрезерують на вертикально-фрезерних верстатах за два проходи: спочатку прямокутний паз – кінцевою фрезою, а потім скоси паза – кінцевою однокутовою фрезою (рис. 6.24, о),

Т-подібні пази – теж за два проходи: спочатку паз прямокутного профілю кінцевою фрезою, потім нижню частину паза фрезою для Т-подібних пазів (рис. 6.24, п).

Шпонкові пази фрезерують кінцевими або шпонковими фрезами на вертикально-фрезерних верстатах (рис. 6.24, р).

Пази під сегментні шпонки фрезерують на горизонтально-фрезерних верстатах дисковими фрезами (рис. 6.24, с).

Фасонні поверхні одержують на горизонтально- та вертикально-фрезерних верстатах фасонними фрезами відповідно профілю (рис. 6.24, т).

Крім того, на фрезерних верстатах можна обробляти ряд інших поверхонь, іноді дуже складного профілю. Прикладом може бути виготовлення лопаток турбін або фрезерування зубчастих коліс.

## 6.6. Оброблення на свердлильних верстатах

Свердління – поширений метод одержання отворів в суцільному матеріалів. Свердлінням можна отримати наскрізні і глухі отвори, складні отвори, обробити попередньо одержані отвори з метою збільшення їх розмірів, підвищення точності і якості поверхні, нарізати різь.

Свердління здійснюють при поєднанні обертового руху інструменту навколо осі та його поступального руху вздовж осі. Свердління виконується як за допомогою ручного та механізованого інструменту, так і на свердлильних верстатах. Загальний вигляд вертикально-свердлильного верстата зображено на рис. 6.25. На фундаментній плиті 1 змонтована колона 3. В верхній частині колони розташована коробка швидкостей 6, через яку шпинделю 4 з різальним інструментом передається обертовий рух. Поступальний рух інструменту надається через коробку подач 5. Заготовка встановлюється на столі 2.

На свердлильних верстатах виконують свердління, розсвердлювання, зенкування, розвертування, цекування отворів, нарізання різі, обробку складних отворів (рис. 6.26).

Свердління. На рис. 6.26, а) зображено свердління глухого отвору. Різальним інструментом в цьому випадку служить свердло.

Розсвердлювання. Це процес збільшення діаметру раніше просвердленого отвору свердлом більшого діаметру (рис. 6.26, б).

Зенкування. Це оброблення попередньо одержаних отворів для надання їм більш правильної геометричної форми, підвищення точності і якості поверхні багатолезовим різальним інструментом – зенкером (рис. 6.26, в).

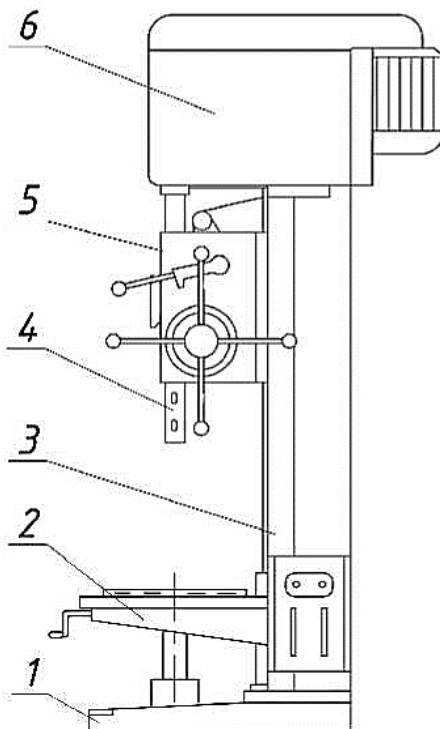


Рисунок 6.25 – Загальний вигляд вертикально-свердлильного верстата

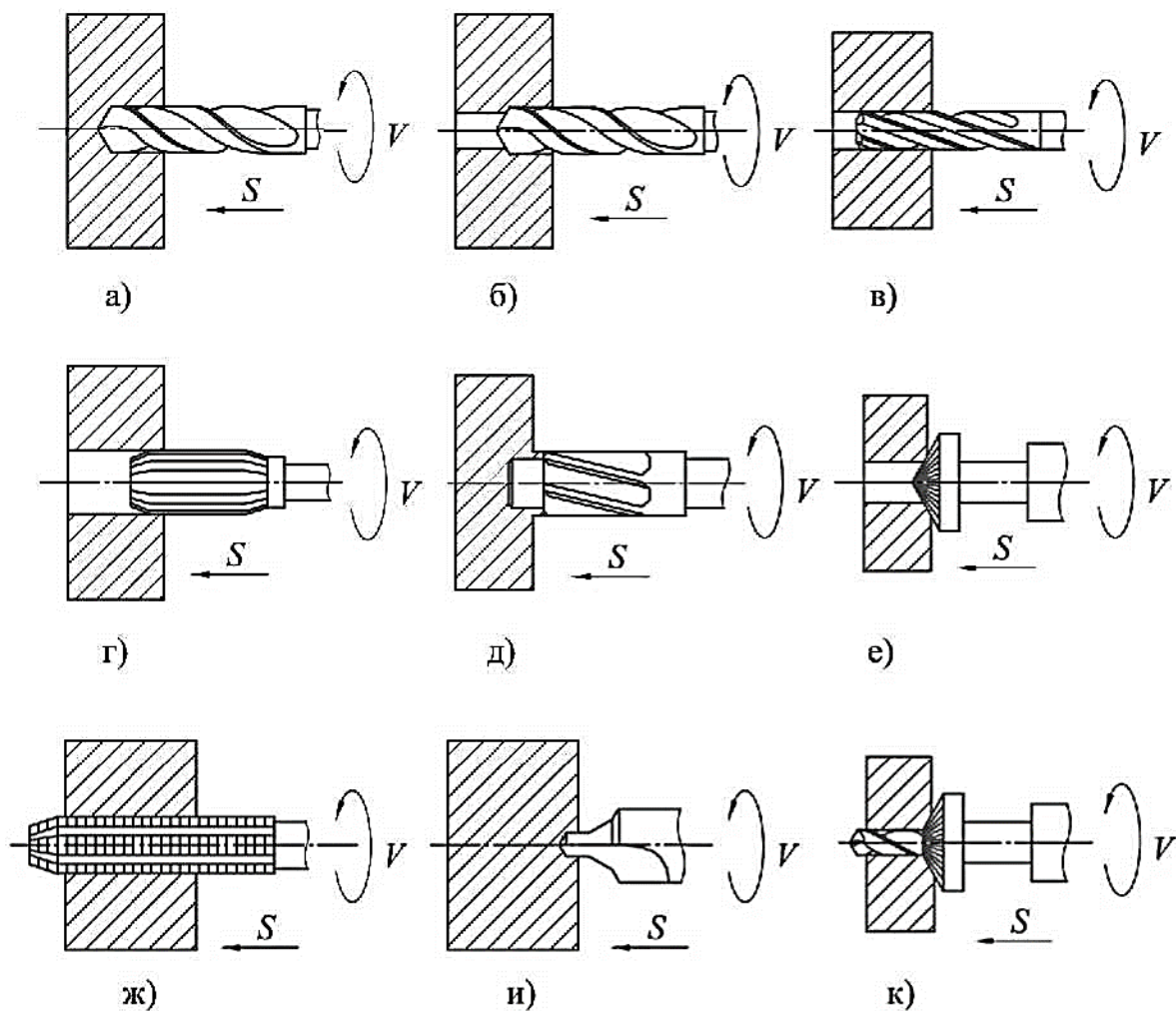


Рисунок 6.26 – Схеми оброблення отворів на свердлильних верстатах

Розвертування. Це остаточне оброблення циліндричного чи конічного отвору розверткою з метою отримання високого класу точності і малої шорсткості поверхні (рис. 6.26, г).

Цекування. Це оброблення торцевої поверхні отвору торцевим зенкером для досягнення перпендикулярності плоскої торцевої поверхні отвору до його осі.

Зенкування. Зенкуванням одержують в готових отворах циліндричні або конічні отвори під головки гвинтів, болтів заклепок тощо (рис. 6.26, д, е).

Нарізання різи. Це процес отримання на внутрішній циліндричній поверхні за допомогою мітчика гвинтової канавки, профіль якої відповідає профілю ріжучої частини інструменту (рис. 6.26, ж).

Свердління центрових отворів. Різновид свердлильного оброблення для одержання спеціальних центрових отворів в деталях, призначених зокрема для оброблення на токарних верстатах (рис. 6.26, и).

Оброблення складних отворів. Складні отвори обробляються за допомогою комбінованого різального інструменту. Так, наприклад, для оброблення двох поверхонь – циліндричної і конічної – використовується комбінований зенкер (рис. 6.26, к).

## 6.7. Оброблення на розточувальних верстатах

Розточувальні верстати використовують в основному для оброблення отворів з точно координованими осями в велико- і середньогабаритних заготовках корпусних деталей. Існують вертикально-розточувальні та горизонтально-розточувальні верстати. Вертикально-розточувальний верстат за своєю компоновкою подібний до вертикально-свердлильного верстата.

Горизонтально-розточувальний верстат (рис. 6.27) складається з станини 1, на якій встановлено стояк 8, на вертикальний направляючих якого змонтована шпindelна бабка 7. В шпindelній бабці розміщені коробка швидкостей і коробка подач. Шпindel коробки швидкостей порожнистий, на ньому закріплена планшайба 5 з радіальним супортом 6. Всередині порожнистого шпинделя змонтовано розточувальний шпindel. Задній стояк 4 з підшипником 3 призначений для підтримки довгих розточувальних оправок. Заготовка встановлюється на поворотному столі 2.

На розточувальних верстатах обробляють отвори, зовнішні циліндричні і плоскі поверхні, уступи, канавки, конічні отвори і нарізають різь. Найбільш поширеним видом оброблення на таких верстатах є розточування отворів.

Розточувальні різці працюють в менш сприятливих умовах, ніж токарні. Тому для забезпечення високої точності оброблення розточувальні верстати мають підвищену жорсткість.

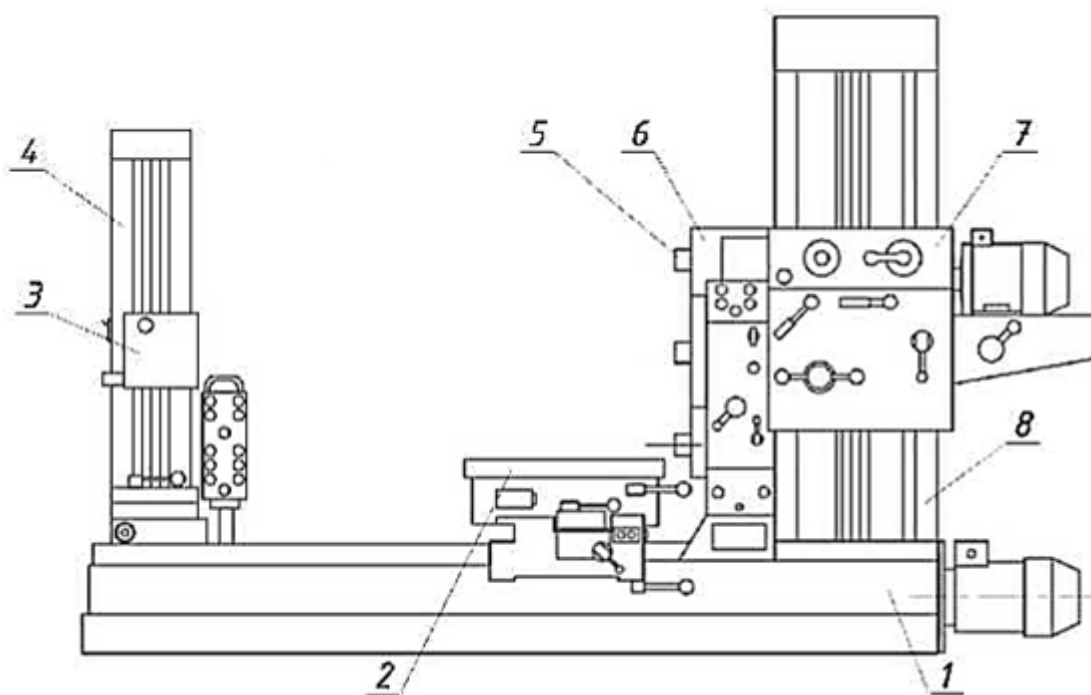


Рисунок 6.27 – Загальний вигляд горизонтально-розточувального верстата



## 6.8. Оброблення на протяжних верстатах

Протягування – високопродуктивний метод оброблення внутрішніх та зовнішніх поверхонь, який забезпечує високу точність форми та розмірів поверхонь, які обробляються. Протягування здійснюють багатолезовим різальним інструментом – протяжкою при її поступальному русі відносно нерухомої заготовки.

Принцип протягування полягає у тому, що розмір кожного наступного зуба протяжки більший від попереднього, при цьому кожен зуб зрізує з поверхні заготовки, яка обробляється, стружку невеликої товщини, внаслідок чого поверхня має малу шорсткість. Не дивлячись на порівняно низьку швидкість різання при протягуванні, цей метод є високопродуктивним внаслідок великої сумарної довжини ріжучих лез, які одночасно приймають участь у роботі.

На рисунку 6.28 наведено схему протягування. При протягуванні заготовка 2 торцевою частиною опирається на кронштейн верстата 1. Протяжка 3 протягується через отвір, що обробляється.

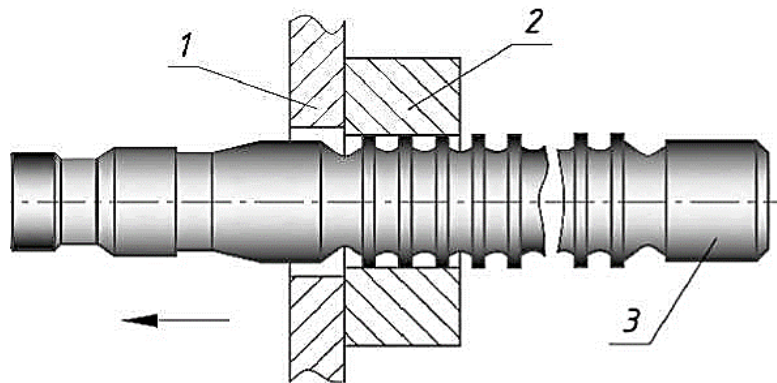


Рисунок 6.28 – Схема протягування

Операція протягування здійснюється на протяжних верстатах, які відрізняються простотою конструкції та експлуатації. Це зумовлено тим, що форма поверхні при обробленні на протяжному верстаті залежить від форми ріжучих лез зубів інструменту.

На рисунку 6.29 зображено горизонтально-протяжний верстат для внутрішнього протягування. Цей верстат складається зі станини 1, насосної станції 2, гідроциліндра 3, каретки 4, опорного кронштейна 5 і корита 6. Протяжка хвостовою частиною вставляється в попередньо оброблений отвір заготовки і закріплюється в патроні каретки 4. Каретка здійснює поступальний рух за допомогою штока гідроциліндра. Заготовка при цьому опирається торцем на опорну поверхню кронштейна 5. Протяжка рухається доти, поки не вийде з отвору заготовки. Після закінчення протягування заготовка падає в корито.

Крім горизонтально-протяжних в промисловості широко використовують і вертикально-протяжні верстати.

На протяжних верстатах можна обробляти циліндричні та багатогранні отвори, шліцові отвори, шпонкові та інші пази, зовнішні поверхні різної геометричної форми з прямолінійною твірною, а також циліндричні і конічні зубчасті колеса зовнішнього зачеплення.

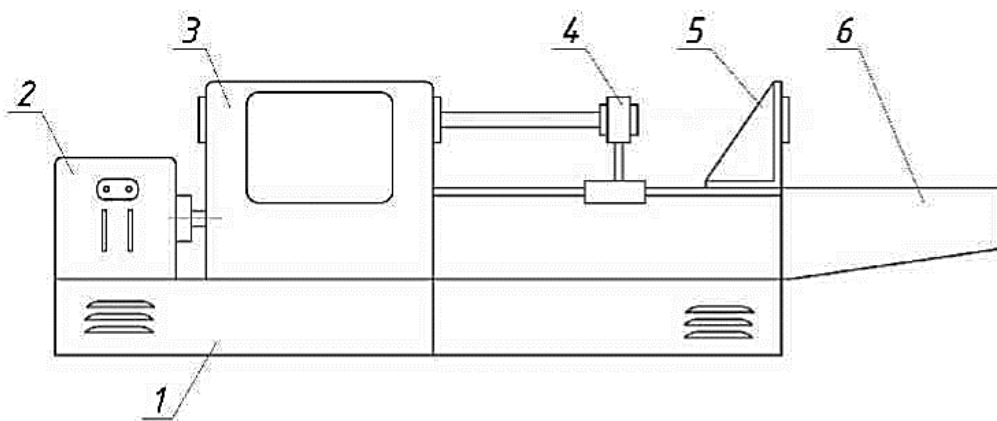


Рисунок 6.29 – Загальний вигляд протяжного верстата

### 6.9. Оброблення на стругальних верстатах

До стругальних верстатів належать поперечно-, поздовжньо-стругальні і довбальні верстати. Вони використовуються в серійному виробництві та в допоміжних цехах машинобудівних заводів для оброблення заготовок, коли довжина стругання не перевищує 1000 мм.

Загальний вигляд поперечно-стругального верстата зображено на рисунку 6.30. Фундаментна плита 1 служить для встановлення і закріплення верстата на фундаментній основі. На плиті закріплена станина 2 з електродвигуном 8. В станині змонтовано коробку швидкостей верстату і кулісний механізм або гідропривід, які забезпечують зворотно-поступальний рух повзуна 7 з вертикальним супортом 6. На супорті змонтовано різцетримач 5. По вертикальних напрямлюючих станини переміщується траверса 3, на якій встановлено стіл 4 з Т-подібними пазами для закріплення заготовки.

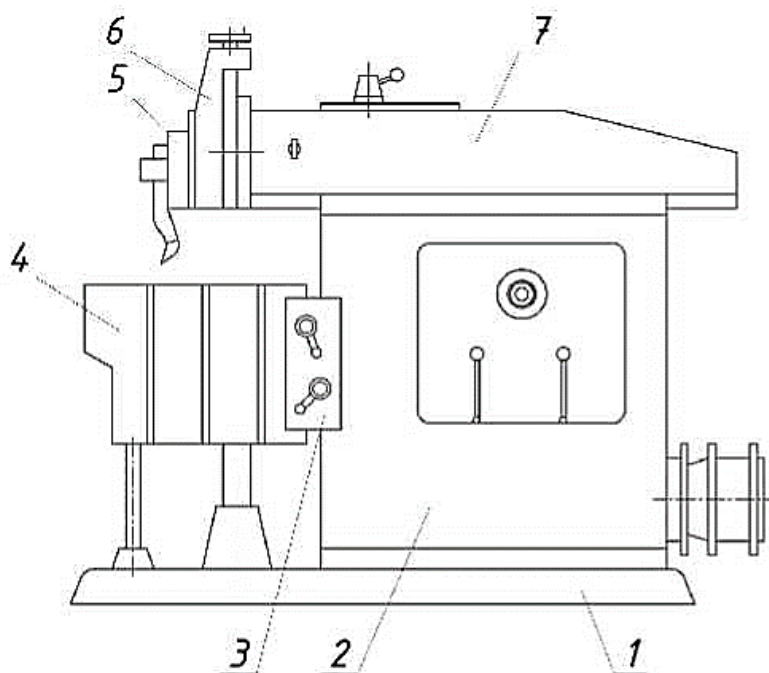


Рисунок 6.30 – Загальний вигляд поперечно-стругального верстата

## 6.10. Шліфування і полірування

Шліфування зазвичай представляє собою стирання поверхні заготовки за допомогою скріпленого зв'язкою абразивного матеріалу. Мета – надати заготовці певної форми, скорегувати її розміри, зробити поверхню більш гладкою, а різальні кромки – більш гострими. У якості прикладів можна привести видалення ливників і грубих нерівностей із виливків, поверхневої окалини перед куванням або зварюванням, зачищення задирок на деталях у прокатних і механічних цехах.

Полірування використовується для усунення поверхневих дефектів, таких як сліди від різального інструменту. При обробленні еластичним кругом із м'яким абразивом на основі воску або консистентного мастила метал не видаляється, але поверхня набуває дзеркального блиску.

Шліфування – найбільш різноманітний із усіх методів механічного оброблення, такому обробленню піддаються більшість матеріалів (переважно сталь, а також інші сплави і метали, дерево, пластмаси, камінь, скло, кераміка тощо). Це поняття містить у собі засоби одержання достатньо гладких і блискучих поверхонь, як, наприклад, полірування, хонінгування, правка і притирання.

Використовувані інструменти – круги різноманітних розмірів, шліфувальні сегменти і головки, заточувальні бруски, напилки, полірувальні круги, ремені, диски тощо. У шліфувальних кругах абразивний матеріал скріплюється зв'язувальною речовиною у тверду пористу масу. У шліфувальних стрічках зв'язка міцно прикріплює абразив до еластичної основи. Полірувальні круги інших типів виготовляють з бавовняних або інших дисків, які зшиті разом.

Природні абразиви – це натуральний корунд або наждак (окислю алюмінію), діамант, піщаник, кремій і граніт в наш час у значній мірі витіснені штучними – окисом алюмінію (електрокорунд), карбідом кремнію (карборунд) і синтетичними діамантами. Застосовується, зокрема, для полірування, і багато дрібнозернистих матеріалів, наприклад крейда, пемза, шліфувальна мастика на олов'яній основі та окис заліза.

В шліфувальних кругах найбільш широко використовується окис алюмінію, наступний за ним – карбід кремнію. Природні і штучні діаманти застосовують у особливо відповідальних випадках. Окис алюмінію, карбід кремнію, наждак, граніт і кремій служать шліфувальним матеріалом і використовуються для виготовлення шліфувальних стрічок.

При виготовленні шліфувальних кругів використовуються як органічні, так і неорганічні зв'язувальні речовини. Основні неорганічні зв'язки – керамічний силікат і магнезит. Серед органічних особливе місце займають фенол-формальдегідні або сечовино-формальдегідні смоли, каучук і шелак. Керамічні сполучні і фенольні смоли цілком домінують у відповідних групах. Діамантові круги можуть мати металеву зв'язку. Різноманітні зв'язувальні речовини надають кругам різноманітні властивості, від них залежить, зокрема, і ступінь безпеки шліфувального інструменту.

Абразивні і шліфувальні стрічки і диски складаються з гнучкої паперової або тканинної основи, до якої за допомогою природного або синтетичного

полімерного клею кріпиться абразив.

Для різноманітних операцій, таких, наприклад, як плоске, кругле (включаючи безцентрове), внутрішнє, чорнове шліфування й обдирка, використовуються різні верстати. Можна виділити два основних види операцій – з ручним переміщенням шліфувального пристрою або заготовки із застосуванням машин з механізованою подачею і затискними патронами. До загальних типів устаткування належать: плоскошліфувальні верстати; точильні колонки, полірувальні верстати; дискові шліфувальні і полірувальні верстати; внутрішшліфувальні, абразивно-відрізні верстати; безкінечні полірувальні ремені; ручні шліфувальні машини, багатоступінчасті полірувальні верстати.

Загальний вигляд плоскошліфувального верстата зображено на рисунку 6.31. Основою верстата є станина 1, до якої кріпиться стійка 2 з шліфувальною бабкою 4. Заготовка встановлюється на стіл 2, який приводиться в рух гідроприводом 5. Загальний вигляд безцентрово-шліфувального верстата зображено на рисунку 6.32.

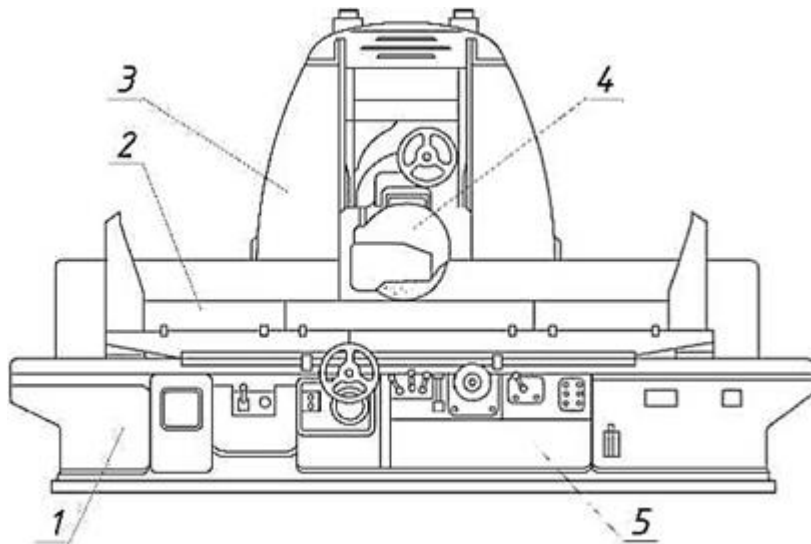


Рисунок 6.31 – Плоскошліфувальний верстат

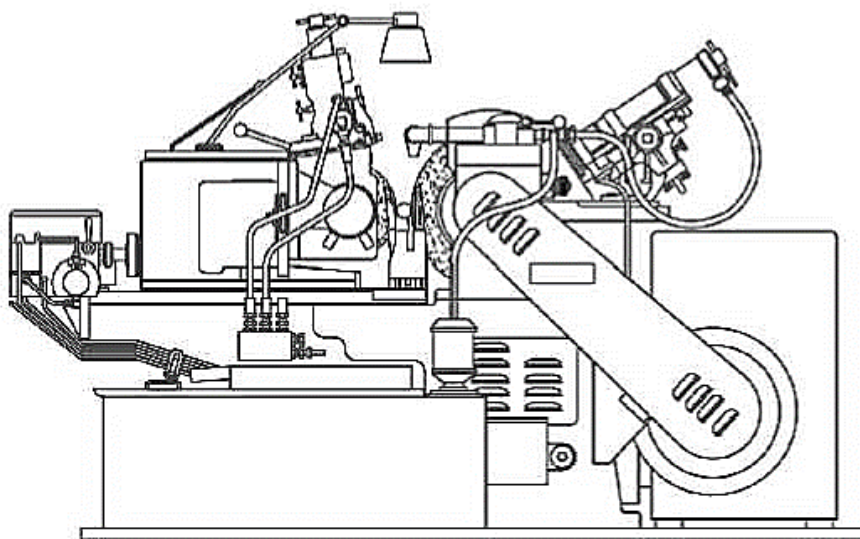


Рисунок 6.32 – Безцентрово-шліфувальний верстат

## 6.11. Оброблення на верстатах з числовим програмним керуванням

Верстати з числовим програмним керуванням (ЧПК) призначені для високопродуктивного комплексного оброблення заготовок різної складності.

Під керуванням верстатом прийнято розуміти сукупність впливів на його механізми, яке забезпечує виконання технологічного циклу оброблення, а під системою керування – пристрій або сукупність пристроїв, які реалізують ці впливи.

Числове програмне керування – це управління, при якому програму задають у вигляді записаного на будь-який носій масиву інформації. Керуюча інформація для верстатів з ЧПК є дискретною та її оброблення в процесі керування здійснюється цифровими методами. Управління технологічними циклами найчастіше здійснюється за допомогою програмованих логічних контролерів, які реалізуються за принципами цифрових електронних обчислювальних пристроїв.

Технологічні можливості верстатів з ЧПК зумовлені їх універсальністю, підвищеними жорсткістю, потужністю привода і точністю, багатоінструментальністю, автоматизацією циклу технологічних операцій, широким діапазоном частот обертання шпинделя і подач, режимів інтерполяції (обчислення проміжних точок траєкторії руху центру інструменту), скороченням допоміжного часу завдяки високим швидкостям допоміжних ходів і малим витратам часу на зміну інструменту.

Повна автоматизація циклу технологічної операції на верстатах з ЧПК, при використанні промислових роботів, поворотних столів та інших пристроїв, дозволяє застосовувати багатOVERSTATNE обслуговування.

Подальше розширення можливостей верстатів з ЧПК пов'язане з удосконаленням системи числового керування і з появою нових технологій, які дозволяють підвищити їх продуктивність. Системи ЧПК беруть на себе функції автоматичної компенсації зони нечутливості в приводах при зрушенні з місця й реверсуванні напрямку руху. При цьому суттєво підвищується точність оброблення.

Широке застосування знаходять системи ЧПК з автоматичним регулюванням, адаптивні, які змінюють режими роботи верстата в залежності від умов різання. Адаптивні системи підвищують продуктивність роботи верстата, підвищують точність оброблення, запобігають поломкам різального інструменту.

За технологічними можливостями верстати з ЧПК поділяють на такі групи:

- верстати токарної групи, на яких обробляють зовнішні та внутрішні поверхні заготовок типу тіл обертання із прямолінійними й криволінійними контурами, з складними внутрішніми порожнинами, нарізають зовнішні і внутрішні різи;

- верстати свердлильно-розточувальної групи, на яких свердлять і розточують заготовки різних класів точності, можлива також комплексне свердлильно-розточувальне оброблення;

- верстати фрезерної групи обробляють заготовки як простої конструкції,

так і контури складної конфігурації, на них можливе комплексне оброблення фрезеруванням, розточуванням, свердлінням.

На рисунку 6.33 зображено типовий токарний верстат з ЧПК. Він складається з тих самих частин, що і верстат з ручним керуванням, але для забезпечення виконання заданих функцій додатково оснащений приводами подач, пристроями автоматичної заміни інструменту та системою числового програмного керування.

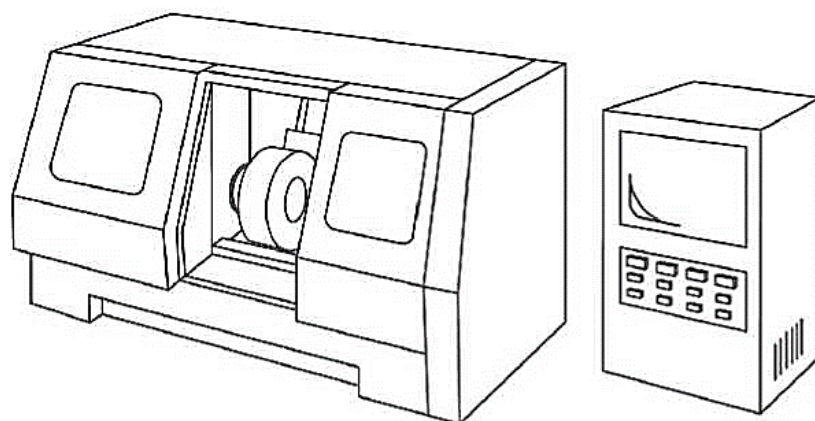


Рисунок 6.33 – Токарний верстат з ЧПК

Для використання в сучасних умовах найбільш перспективними є багатоцільові верстати типу «Оброблювальний центр», які володіють високими технологічними можливостями і здатні працювати автономно або в складі автоматизованих дільниць. Підвищити ефективність оброблення на цих верстатах дозволяє концентрація різнорідних операцій та зменшення кількості установів заготовок. На багатоцільових верстатах деталі можуть оброблятися автоматичному циклі без переустановлення, при цьому виключається ручна праця, зводяться до мінімуму міжопераційні, транспортні, контрольні, установочні та розміточні операції, а також складування та зберігання заготовок, відпадає необхідність у великій кількості спеціального оснащення.

Багатоцільові верстати зазвичай оснащують пристроями автоматичної зміни інструментів з інструментальними магазинами на 20...70 інструментів, ці магазини можна підібрати таким чином, що в них завжди досить запасу інструментів. Проте, для забезпечення можливості оброблення широкої номенклатури виробів деякі фірми створили знімні барабанні інструментальні магазини з роботизованим завантаженням.

Продуктивність багатоцільових верстатів може збільшуватися в результаті нарощування потужності головного приводу, що дозволить використовувати високопродуктивні різальні інструменти та високопродуктивні режими різання, підвищити швидкості робочих та холостих ходів, застосовувати паралельні методи оброблення, а також здійснювати суміщення допоміжного часу з машинним та їх максимальне скорочення.

## 6.12. Поверхнєве оброблення металів

Для того, щоб поверхні металевих виробів були стійкішими до корозії, щільніше прилягали одна до іншої і мали кращий вигляд, існують різноманітні методи оброблення. Деякі вироби обробляються послідовним циклом, що складається з декількох таких методів.

Насамперед вироби повинні бути очищені. Для цього застосовуються багато засобів: механічне шліфування, очищення щітками і полірування, знежирювання у парах розчинника, миття органічними розчинниками, «травлення» у концентрованих кислотних або лужних розчинах, електролітичне знежирювання. Останнє полягає в зануренні деталі у ванну, що містять ціанід і концентрований луг, у яких електролітично утворені водень або кисень усувають жир. Очищення супроводжується відповідним промиванням і завершуються сушінням виробу.

Розглянемо основні процеси поверхневого оброблення.

Електролітичне полірування. Цей метод використовується для одержання поверхні поліпшеного зовнішнього вигляду і відбивної здатності, для усунення зайвого металу (підгонки відповідних розмірів), для підготування поверхні до огляду з метою виявлення дефектів. Процес включає анодне розчинення плям, що залишаються на поверхні після знежирювання в парах розчинника і гарячого знежирювання лугами. У якості електролітичних розчинів часто використовуються кислоти, тому оброблення завершується ретельним промиванням.

Нанесення гальванічних покриттів. Гальванічне покриття – це хімічний або електрохімічний процес нанесення металевого шару на поверхню виробу – наприклад, нікелю для захисту від корозії, хрому для поліпшення властивостей поверхні або срібла і золота для прикраси. Іноді використовуються неметалеві матеріали. Катод, яким служить сам виріб, і анод – метал, що буде осаджуватися, занурюють у розчин електроліту (кислого, лужного або лужного із солями ціанідів і комплексами) і підключають до зовнішнього джерела постійного струму.

Позитивно заряджені катіони анода направляються до катода, де відновлюються до металу й осаджуються тонким шаром. Процес продовжується, поки нове покриття не досягне потрібної товщини. Потім виріб миють, сушать і полірують.

Емалі і глазури. Склоподібна емаль, або глазур, використовується для нанесення теплостійких, корозійностійких і стійких покриттів на метали (зазвичай сталь), із яких виготовляється різноманітний асортимент виробів, включаючи ванни, газові й електричні плити, кухонний посуд, резервуари-сховища та контейнери, електроустаткування. Крім того, емалі використовують в художньому оформленні кераміки, скла, у ювелірній справі. Спеціалізоване використання порошків емалі у виробництві таких декоративних виробів, як Клуазонне (Cloisonne) і Лимож (Limoges), було відомо протягом сторіч.

Травлення. Хімічне травлення забезпечує сатиновану або матову оздобу поверхні. В основному воно використовується як попереднє оброблення перед

анодуванням, лакуванням, конверсійним покриттям, поліруванням або хімічним глянцюванням. Найбільш часто травлення застосовується для алюмінію і нержавіючої сталі.

Алюміній травиться в лужних розчинах, що містять суміші їдкого натру, гідроокису калію, тринатрієвого фосфату і вуглекислого натрію, щоб запобігти утворенню осаду. Часто використовується гідроксид натрію з концентрацією від 10 до 40 г/л при температурі від 50 до 85 °С.

Цинкування. Полягає в нанесенні тонкого шару цинку на різноманітні сталеві вироби для захисту від корозії. Щоб покриття міцно сполучилося з основним матеріалом, виріб повинен бути чистим, вільним від окислів. Перед тим, як деталь потрапить у ванну для цинкування, потрібно виконати цілий ряд процедур: очищення, промивання, сушіння або відпал. При гарячому цинкуванні виріб занурюють у ванну з розплавом цинку; електролітичне цинкування по суті являє собою гальваностегію (описану раніше).

Готові вироби зазвичай оцинковуються серійно, безупинний метод використовується для сталевих смуги, листа або дроту.

Термооброблення. Термооброблення – це нагрівання й охолодження металу, що залишається у твердому стані, – є, як правило, обов'язковою операцією. Майже завжди вона пов'язана з перетворенням кристалічної структури металу, у результаті чого змінюються його властивості (наприклад, відпал робить метал більш ковким, нагрівання і повільне охолодження зменшує його твердість, гартування збільшує її, низькотемпературне нагрівання знімає внутрішні напруження).

Відпал. Відпал – операція, що широко використовується перед подальшою холодною обробкою металу для поліпшення його пластичності, для зняття залишкових напружень. Відпал полягає у нагріванні до визначеної температури, витримуванні при цій температурі протягом заданого часу і подальшому охолодженні з регульованою швидкістю.

Зміцнення при старінні. Цей вид термооброблення часто використовується для алюмінієво-мідних сплавів. Природне отвердіння, що відбувається в них, пришвидшується нагріванням приблизно до 180 °С протягом приблизно однієї години.

Гомогенізація. Гомогенізація, яку зазвичай застосовують для виливків або деталей, спресованих із металевих порошків, призначена для того, щоб усунути або значно зменшити сегрегацію. Це досягається шляхом нагрівання до температури приблизно на 20 градусів нижче точки плавлення металу протягом двох або більш годин, за яким йде різке охолодження.

Нормалізація. Цей процес, подібний повному відпалу, забезпечує одержання однорідних механічних властивостей, а також збільшує пластичність і опір механічному навантаженню.

Гартування у рідкому середовищі і гартування з наступним відпуском. Збільшення твердості сплаву на основі заліза досягається гартуванням – нагріванням його вище інтервалу фазового перетворення і потім швидким охолодженням до кімнатної температури в оліві, воді або на повітрі.

Виріб часто має занадто високі внутрішні залишкові напруження і для



збільшення міцності повинен пройти повторне нагрівання до температури нижче інтервалу перетворення й охолодження з заданою швидкістю.

Ступінчасте загартування (ізотермічне загартування з витримкою) – подібні процеси, що відрізняються лише тим, що виріб проходить гартування, наприклад, у сольовій або свинцевій ванні при температурі 400 °С.

Поверхнєве зміцнення і цементація. Цей прийом термооброблення сплавів на основі заліза робить поверхню предмета твердою, тоді як його серцевина залишається порівняно пластичною.

Металізація. Металізація, або напилювання металу, – засіб нанесення захисного покриття на механічно оброблену шорстку поверхню шляхом розпилення капель розплаву. Використовується для нарощування зношених поверхонь, для утилізації погано оброблених деталей. Цей процес більш відомий як шоопінг (Schooring), по імені доктора Шоопінга, що винайшов його.

Фосфатування. Фосфатування використовується головним чином для маловуглецевої і оцинкованої сталі й алюмінію, щоб збільшити зчеплення та корозійну стійкість фарбових, масляних і парафінових покриттів. Фосфатування полягає у тому, що метал вступає в реакцію з розчином одного або декількох фосфатів заліза, цинку, марганцю, натрію або амонію. Розчини фосфату натрію й амонію використовуються для спільного очищення і фосфатування.

Ґрунтування. Органічні ґрунти наносяться на металеві поверхні, щоб підсилити зчеплення з фарбами, які наносяться пізніше й уповільнити корозію на поверхні поділу фарба-метал. Ґрунти містять смоли, барвники і розчинники і наносяться на підготовлену поверхню пензлем, розпиленням, зануренням, валиком або за допомогою електрофорезу.

Полімерні покриття. Полімерні покриття наносяться на метали в рідкому виді, у виді порошків, що потім тверднуть або спікаються, або у вигляді готових листів, що нашаровуються на поверхню за допомогою клею. Найбільше часто використовуються поліетилен, поліаміди (нейлон) і полівінілхлорид.

### **6.13. Слюсарні роботи**

Одним із найбільш поширених видів робіт, які виконуються на підприємствах машинобудівного профілю, є слюсарні, тобто комплекс прийомів щодо складання і налагодження механізмів, а також оброблення матеріалів ручними і механізованими інструментами.

Яким би високим не був ступінь автоматизації технологічних процесів машинобудування, практично жоден з них не обходиться без слюсарних робіт. Слюсарні роботи завершують верстатне оброблення матеріалів. Складання та налагодження машин і механізмів також відносяться до слюсарних робіт.

Для виконання слюсарних робіт існує широкий набір інструментів та різноманітного оснащення. Слюсарний інструмент поділяється на ручний і механізований. До ручного інструменту відносяться: молотки, викрутки, кернери, пробійники, зубила, ножиці для різання металу, напилки, надфілі, ключі гайкові одно- і двобічні, накидні, розвідні, мітчики, плашки, плоскогубці тощо.

Найбільшої продуктивності і точності робіт можна досягнути за

допомогою різного механізованого інструменту та пристроїв.

Механізований інструмент з електричним, пневматичним та гідравлічним приводами відзначається універсальністю і порівняно невеликими габаритами.

За принципом роботи цей інструмент поділяється на такі групи:

- ударної дії – клепальні та рубально-клепальні молотки, шабери, кернери, вібратори;

- обертової дії – свердлильні дрилі, шліфувальні машинки, гайковерти, викрутки;

- пресової дії – ножиці, пристрої для згинання різних профілів і труб;

- пістолети для фарбування, металізатори, віброшліфувальні установки.

Пристрої, які використовуються при слюсарних роботах, за призначенням поділяються на такі види: для встановлення і з'єднання деталей; для кріплення базових деталей та складальних одиниць; для зняття і піднімання деталей; для зміни положення виробу, для виконання особливо специфічних операцій; контрольні пристрої; пристрої-кондуктори, що дають змогу поєднати складання з контролем взаємного положення деталей; пристрої для випробувань тощо.

#### **6.14. Зварювання**

Термін «зварювання» означає з'єднання металевих виробів у стикових поверхнях, що стають пластичними або рідкими під впливом теплоти чи тиску (або того й іншого). Безпосередні джерела теплоти: – полум'я газу, що згоряє разом з повітрям або киснем; – електрична дуга, що виникає між електродом і оброблюваною деталлю або між двома електродами; – електричний опір, що виникає під час проходження струму між двома або більше оброблюваними деталями.

Інші джерела тепла для зварювання наведені у табл. 6.3. При газовому зварюванні й різанні кисень або повітря і газ подаються в пальник, у якому вони змішуються перед згоранням. Газовий пальник зазвичай тримають у руках. Полум'я розплавляє поверхні деталей, що зварюються, з'єднуючи їх за допомогою пластичного плинного металу. Часто при цьому додають присадковий сплав, що має, як правило, нижчу температуру плавлення, ніж деталі, що з'єднуються. У цьому випадку деталі не нагріваються до температури плавлення (паяння твердим, м'яким припоєм). Використовують і хімічний флюс для запобігання окислюванню і поліпшення якості з'єднання. При дуговому зварюванні між електродом і деталями виникає дуга. Електрод під'єднують до джерела змінного або постійного струму. Оброблювані деталі сплавляються при температурі, що відповідає приблизно температурі плавлення. У місце з'єднання необхідно додавати метал, розплавляючи або електрод (процес з витратою електрода), або присадковий пруток, через який не пропускається електричний струм (процес без витрати електрода). Частіше усього звичайне дугове зварювання проводиться вручну за допомогою закріпленого в переносному електродотримачі електрода, який має покриття. Зварювання проводиться також у напівавтоматичному або автоматичному режимах (наприклад, зварювання опором або з безупинною подачею електрода).

Таблиця 6.3 – Види зварювання

Зварювальний процес	Опис
1	2
Газове зварювання і газове різання	
Зварювання	Зварювальний палик розплавляє металеві поверхні й присадковий пруток, створюючи з'єднання
Паяння середньоплавким припоєм	Дві металеві поверхні з'єднуються без розплавлювання основного металу. Нагрівання проводиться полум'ям, за рахунок опору й індукції
Паяння легкоплавким припоєм	Аналогічно паянню середньоплавким припоєм, за винятком того, що температура плавлення присадкового прутка нижча
Кисневе різання металу	При різанні метал нагрівається полум'ям кисневого палика, спрямованим у точку різання, який переміщується уздовж лінії різання
Газопресове зварювання	Деталі нагрівають потоком газу, що горить, за рахунок тиску відбувається гаряче з'єднання
Дугове зварювання в середовищі флюсу	
Дугове зварювання металевим електродом із захистом зони зварювання; ручне дугове зварювання; зварювання відкритою дугою	Використовується електрод, що складається з металевого осердя і флюсового покриття
Дугове зварювання під флюсом	На оброблювану деталь наноситься шар гранульованого флюсу, після чого відбувається зварювання електродом без покриття. Дуга розплавляє флюс, створюючи з розплавленої маси захисний екран у зоні зварювання
Дугове зварювання в середовищі захисних газів	
Зварювання вольфрамовим електродом в інертному газі; дугове зварювання вольфрамовим електродом у газовому середовищі; дугове зварювання в середовищі гелію	Аналогічне зварюванню вольфрамовим електродом в інертному газі, за винятком того, що дуга і потік інертних газів проходять через невеликий отвір перед тим, як досягнуть оброблюваної деталі, створюючи плазму високо іонізованого газу

1	2
Зварювання трубчастим електродом; дугове зварювання в середовищі активного газу	Застосовуються трубчасті електроди; використовується середовище діоксиду вуглецю
Контактне зварювання методом опору	
Контактне зварювання методом електроопору (точкове, шовне, встик)	Від електродів на деталі, що з'єднуються, надходить струм низької напруги. При нагріванні в зоні стику між ними виникає температура плавлення. Одночасно за рахунок тиску електродів відбувається проковування шва
Електрошлакове зварювання	Використовується для вертикального зварювання встик. Деталі встановлюються з зазором, з однієї або обох сторін з'єднання розміщуються мідні пластини для створення кювети. Під шаром флюсу між електродами та металевою пластиною виникає дуга. Формується ванна рідкого металу, захищена розплавленим флюсом або шлаком. Поверхні, що зварюються, і електродний дріт оплавляються, утворюючи шов
Стикове контактне зварювання оплавленням	Дві металеві деталі приєднують до джерела струму низької напруги. Коли кінці деталей вступають у контакт, відбувається нагрівання до температури плавлення. Завдяки тиску здійснюється проковування шва
Інші зварювальні процеси	
Електронно-променево зварювання	Деталі у вакуумній камері бомбардуються з електронної гармати пучком електронів при високій напрузі. При ударі об поверхні, їх енергія перетворюється в теплоту, розплавляючи метал
Повітряно-дугове різання	Між кінцем вугільного електрода (у ручному електродотримачі з власною подачею стисненого повітря) і оброблюваною деталлю виникає дуга. Розплавлений метал відкидається потоком стисненого повітря

1	2
Зварювання тертям	Виключно механічний спосіб зварювання, за якого одна деталь залишається в стаціонарному положенні, а інша знаходиться з нею в обертальному контакті під тиском. Після досягнення температури зварювання, обертання припиняється. Одночасно відбувається проковка шва
Лазерне зварювання й опрацювання на лазерному прошивальному верстаті	Лазерні промені знаходять високопрецизійне застосування, наприклад, при створенні мініатюрних вузлів, мікротехнологій в електронній промисловості, фільтр для виготовлення надтонких волокон. Лазерний пучок оплавляє оброблювані деталі і з'єднує їх
Термітне зварювання	У тиглі підпалюється суміш алюмінієвого порошку і порошку оксиду металу (заліза, міді і тощо), у результаті чого утворюється тепло, достатнє для плавлення. У тиглі пробивається отвір, розплав заливається в порожнину, що заварюється. Цей вид зварювання часто використовують для ремонту виливків або поковок

## **7. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ**

### **7.1. Завдання в галузі безпеки життєдіяльності**

Межі небезпек в техносфері безупинно розширюються, а методи і засоби захисту від небезпек створюються та вдосконалюються зі значним запізненням.

Гостроту проблем безпеки практично завжди оцінювали за результатами впливу негативних факторів – числом жертв, матеріальними збитками.

Сформульовані на такій основі захисні заходи виявлялися і виявляються несвоєчасними, недостатніми і, як наслідок, малоефективними.

Необхідно навчитися прогнозувати негативні впливи та забезпечувати безпеку прийнятих рішень на стадії їх розроблення, а для захисту від діючих негативних факторів створювати і активно використовувати захисні засоби та заходи, всіляко обмежуючи зони дії і рівні впливу негативних факторів.

В сучасному розумінні безпека життєдіяльності на підприємстві вивчає небезпеки виробничого середовища як в умовах повсякденної роботи, так і при виникненні надзвичайних ситуацій техногенного походження. Реалізація цілей і завдань безпеки життєдіяльності на підприємстві містить у собі такі основні етапи:

- ідентифікація та опис зон потенційного виникнення небезпек підприємства і окремих його складових (комунікацій, устаткування, приладів тощо);
- розроблення та реалізація найбільш ефективних систем і методів захисту від небезпек;
- формування систем контролю небезпек і керування станом безпеки підприємства;
- розроблення і реалізація заходів для ліквідації наслідків прояву небезпек;
- організація навчання персоналу основам безпеки і підготовки фахівців з безпеки життєдіяльності.

### **7.2 Вимоги безпеки до виробничого обладнання**

Виробниче технологічне обладнання, яке застосовують у складі виробничих комплексів, повинно відповідати вимогам ГОСТ 12.2003-80, ГОСТ 12.2049-84 та вимогам стандартів системи забезпечення безпеки праці.

Необхідно суворо дотримуватися регламентованих режимів експлуатації, які внесені в технічні умови на устаткування, проводити періодичні огляди, технічне обслуговування та ремонт обладнання.

Підвищений ступінь автоматизації металорізальних верстатів та їх ускладнення неминуче приводять до збільшення числа збоїв і відмов. Тому необхідна більш досконала система діагностики автоматизованого устаткування й інструментів.

За допомогою спеціальних датчиків і ЕОМ здійснюється автоматичний безперервний контроль за роботою обладнання. Верстати споряджаються пристроями, що забезпечують автоматичні вимкнення устаткування у випадку поломки різального інструменту.

Загальні вимоги, які висуваються до обладнання відповідно до нормативних документів такі:

- розроблення технологічної документації, організація і виконання технологічних процесів оброблення різанням повинні відповідати вимогам ГОСТ 3.1102-2011;

- виробниче устаткування, яке використовується для оброблення різанням, повинно відповідати вимогам ГОСТ 12.2.003-91 і ГОСТ 12.2.009-99;

- пристосування для оброблення різанням повинні відповідати вимогам ГОСТ 12.2.029-85;

- конвеєри, призначені для міжопераційного переміщення вантажів у процесі оброблення різанням, повинні відповідати вимогам ГОСТ 12.2.022-80.

Вимоги безпеки до технологічних процесів повинні виконуватися протягом усього технологічного процесу, включаючи операції технічного контролю, переміщення та міжопераційного складування.

### **7.3. Пожежна безпека**

Пожежна безпека відповідно до ГОСТ 12.1.004-91 повинна забезпечуватися системою запобігання пожежі, системою протипожежного захисту та організаційно-технічними заходами.

Небезпечними факторами пожежі, що впливають на людей, є:

- відкрите полум'я та іскри;

- підвищена температура навколишнього середовища;

- токсичні продукти горіння;

- дим;

- знижена концентрація кисню;

- наслідки руйнування і ушкодження об'єкта;

- небезпечні фактори, що проявляються в результаті вибуху.

Протипожежний захист повинен забезпечуватися:

- застосуванням засобів пожежогасіння і відповідних видів пожежної техніки;

- застосуванням автоматичних установок пожежної сигналізації і пожежогасіння;

- застосуванням основних будівельних конструкцій об'єктів з регламентованими межами вогнестійкості і межами поширення вогню;

- застосуванням просочення конструкцій об'єктів і нанесенням на їх поверхні вогнестійких фарб;

- пристроями, що забезпечують обмежене поширення пожежі;

- організацією своєчасної евакуації людей.

### **7.4. Електробезпека**

Електробезпека забезпечується проведенням таких заходів (згідно ГОСТ 12.1.030-81, 12.1.019-2009):

- розміщення в зручному місці апаратів ручної або дистанційної дії, які дозволяють вмикати електроустаткування у мережу або вимикати його під час

перерви в роботі або в аварійних ситуаціях;

-захист електроприладів від самоувімкнення при раптовому відновленні живлення;

-захисне заземлення, занулення, організація захисного вимкнення механічних пристроїв і установок, які випадково можуть опинитися під напругою, прокладенням зовнішньої проводки усередині труби, металевого рукава, гумового шлангу.

### **7.5. Актуальні проблеми охорони навколишнього середовища**

Охорона навколишнього середовища поширюється не лише на осіб, безпосередньо зайнятих у виробництві, але також на всіх інших людей, на всю флору й фауну, на промислову й сільськогосподарську продукцію, предмети побуту – усе, що становить цінність для людини.

Настання епохи науково-технічної революції викликало докорінні зміни в механіці і технології виробництва. Різне збільшення матеріальних витрат і енергетичних ресурсів призвело до багатократного зростання кількості різного роду виробничих відходів. У зв'язку із цим виникає необхідність посилення боротьби із забрудненням атмосфери, водного басейну, ґрунту.

Кінцевим етапом цієї боротьби повинно стати таке вдосконалювання технології, яке зведе до мінімуму шкідливий вплив виробництва на атмосферу і навколишнє середовище.

У зв'язку із цим у сучасних умовах значно зростає відповідальність керівників і фахівців за розв'язок задач екології та утилізації відходів виробництва.



## 8. НАПРЯМКИ УДОСКОНАЛЕННЯ МАШИНОБУДІВНОЇ ГАЛУЗІ

### 8.1.Механізація і автоматизація виробничих процесів в машинобудуванні

Одним із найбільш ефективних шляхів, які забезпечують швидкі темпи росту продуктивності праці є механізація і автоматизація виробництва.

Механізація виробництва – це заміна ручних засобів праці (інструментів) машинами та механізмами. Механізація значно підвищує продуктивність праці, звільняє людину від виконання важких і трудомістких операцій, дозволяє більш раціонально використовувати сировину, матеріали, енергію, сприяє зниженню собівартості продукції, підвищенню її якості.

Оскільки машини і механізми періодично замінюються більш досконалыми, покращується технологія та організація виробництва, підвищуються і вимоги до кваліфікації працюючих.

Механізація і автоматизація – один із головних напрямків науково-технічного прогресу. Вона буває частковою і комплексною. Це залежить від ступеня оснащеності виробництва технічними засобами.

При частковій механізації механізуються окремі виробничі операції. Але у цьому випадку зберігається значна частка ручної праці.

Більш досконалою є комплексна механізація. Тут ручна праця замінюється машинною на всіх пов'язаних між собою операціях і може зберігатися лише на окремих нескладних операціях, механізація яких суттєво не полегшує працю. На механізованому виробництві робітники-оператори лише керують процесом, контролюють роботу машин та механізмів.

Наступний етап розвитку – це автоматизація виробництва. При автоматизації функції управління та контролю за процесом виробництва, які раніше виконували робітники-оператори, передаються приладам та автоматичним пристроям.

До недавнього часу основним напрямком автоматизації в машинобудуванні була автоматизація технологічних процесів механічного оброблення: створення токарних, шліфувальних, фрезерних автоматів і напівавтоматів, агрегатних верстатів і автоматичних ліній з агрегатних верстатів, що дозволяє створювати автоматизовані дільниці та цехи, а також значно скоротити кількість виробничих робітників, безпосередньо зайнятих обслуговуванням верстатів.

В останні роки широко розгорнуті роботи щодо автоматизації процесів контролю та складання. Автоматизація цих процесів дозволяє в першу чергу підвищити якість виробів, які виготовляються, а також усунути ситуацію, коли на складанні та контролі виробів зайнято більше робітників, ніж при їх виготовленні.

Великі перспективи має впровадження автоматизації в заготівельних цехах: ливарному, ковальському тощо. Автоматизація все ширше охоплює і допоміжні цехи (інструментальні, ремонтні тощо), продукція яких є індивідуальною і серійною навіть при масовому типі виробництва. Розвиток

гідрокопіювальних верстатів і верстатів з програмним керуванням, електроіскрового оброблення дозволив вирішити проблему автоматизованого виготовлення складних виробів. Верстати з ЧПК ефективні і в умовах серійного виробництва.

Високоєфективними є роботи з механізації завантажувально-розвантажувальних і транспортних операцій.

Автоматичне регулювання підтримує постійність режиму роботи машин та приладів (стабілізує їх роботу) або змінює цей режим за наперед заданим алгоритмом регулювання.

При автоматизації виробництва функції контролю також передаються автоматичним пристроям. Автомати контролюють положення деталей, їх розміри, стан інструменту, параметри оброблення тощо.

Дуже важливою є задача автоматизації управління підприємством і перш за все збору і оброблення поточної інформації про стан усіх ланок виробничого процесу, систем обліку і оперативного планування.

В основі автоматизації виробництва лежить системний підхід до побудови та використання комплексу засобів автоматичного управління, регулювання та контролю. В автоматизації широко використовуються найновіші досягнення в сфері науки і техніки, що дозволяє повністю розкрити можливості технологічного обладнання.

Таким чином, механізацію і автоматизацію впроваджують у виробничі процеси тоді, коли необхідна заміна важкої і монотонної фізичної праці, коли мають місце шкідливі умови праці і коли забезпечується економічний ефект за рахунок підвищення продуктивності праці і обладнання, підвищення якості, зниження затрат на утримання споруд та скорочення виробничих площ.

## **8.2. Використання роботів на промислових підприємствах**

Промислові роботи (ПР) призначені для заміни людини при виконанні основних і допоміжних технологічних операцій у процесі промислового виробництва. При цьому вирішується важливе соціальне завдання – вивільнення людини від робіт, пов'язаних з небезпекою для здоров'я або з важкою фізичною працею, а також від виконання простих монотонних операцій, що не вимагають високої кваліфікації. Гнучкі автоматизовані виробництва, які створюють на базі промислових роботів, дозволяють вирішувати завдання автоматизації на підприємствах із широкою номенклатурою продукції при дрібносерійному і одиничному виробництві. Таким чином, промислові роботи й маніпулятори, є важливими складовими частинами сучасного промислового виробництва.

Промисловий робот – це автоматична машина, стаціонарна або мобільна, яка складається з виконавчого механізму у вигляді маніпулятора, що має декілька ступенів рухомості, і пристрою програмного керування для виконання рухомих та керуючих функцій у виробничому процесі.

На рис. 8.1 зображено один з варіантів конструкції промислового робота.

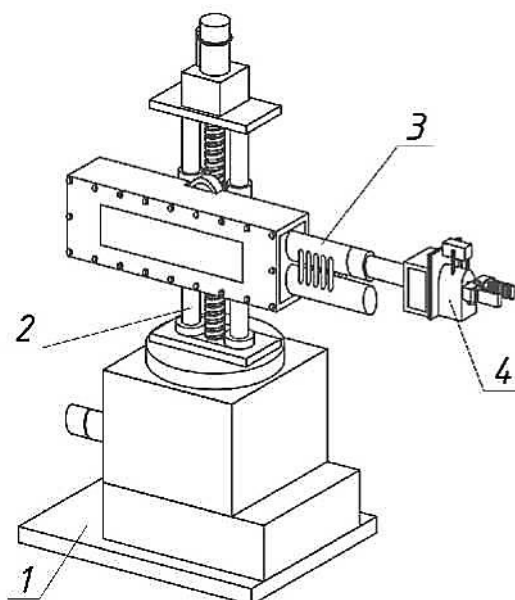


Рисунок 8.1 – Конструкція промислового робота:  
1 – опорна конструкція (основа); 2 – колона; 3 – рука маніпулятора;  
4 – робочий орган (схоплювач)

Аналіз сфер застосування промислових роботів у різних галузях промисловості й типах виробництв, вивчення перспектив застосування їх в залежності від серійності продукції, що виробляється, дозволяють зробити висновок, що промислові роботи можуть бути ефективно застосовані як в умовах масового, так й в умовах дрібносерійного виробництва.

У масовому й крупносерійному виробництві зі швидкою зміною об'єкта виробництва перспективним є застосування роботів для обслуговування агрегатних верстатів і переналагоджуваних автоматичних ліній на операціях завантаження-розвантаження верстатів, на початкових і кінцевих позиціях ліній, для міжверстатного транспортування. Застосування промислових роботів дозволяє здійснити комплектацію і введення в експлуатацію таких ліній у більш короткий термін, підвищить оборотність устаткування.

Як свідчить закордонний досвід, роботи можуть, зокрема, ефективно застосовуватися також для заміни спеціального допоміжного устаткування на окремих операціях автоматичних ліній у період модернізації або його заміни. В цьому випадку необхідність зупиняти лінію на тривалий час відпадає, а витрати на програмування й переозброєння робота виявляються значно нижчими, ніж втрати внаслідок простою лінії протягом усього періоду модернізації або заміни спеціалізованого допоміжного устаткування на конкретній операції.

В серійному і дрібносерійному виробництві найбільш перспективним є застосування роботів у поєднанні з верстатами з ЧПК. Це дозволяє автоматизувати виготовлення невеликих партій деталей.

У будь-якій сфері застосування промисловий робот повинен розглядатися як елемент виробничого комплексу, що включає в себе основне технологічне устаткування, допоміжне устаткування і пристрої, що розширюють експлуатаційні можливості робота, контрольно-вимірювальні пристосування, і ряд інших пристроїв, об'єднані загальною системою керування.

В складі основного технологічного обладнання ПР забезпечують автоматизацію операцій взяття заготовок з нагромаджу вальних та орієнтуючих пристроїв, транспортування і вкладання їх в тару або на проміжні пристрої для виконання наступних операцій. Використання ПР дозволяє також здійснити переналагодження технологічного обладнання.

Для реалізації вказаних функцій використовуються самі різноманітні типи ПР, які відрізняються за виконанням, рухомістю і керуванням в залежності від конкретних умов експлуатації і складності технологічної операції.

В засобах інструментального забезпечення ПР здійснюють автоматичну зміну інструменту та інструментальних блоків по мірі їх зношення або при обробленні нових груп деталей.

В системах видалення відходів виробництва ПР забезпечують автоматичне прибирання відходів по мірі їх нагромадження. Елементна стружка видаляється із зони різання за допомогою стружкоприймача, з якого вона спрямовується в тару. Заповнена тара автоматично висувається на позицію видачі, замінюється новою, транспортується до місця приймання стружки, звільняється і транспортується до місця зберігання або до верстата.

Практично всі сфери використання ПР включають в себе операції транспортування і контролю. В ряді випадків, для підвищення ефективності використання ПР і збільшення продуктивності технологічного процесу, доцільно суміщення виконання вказаних операцій за часом. Прикладом може служити процес сортування деталей за допусками, який широко поширений і здійснюється перед подачею деталей для оброблення на основне технологічне обладнання.

### **8.3. Заводи та цехи машинобудівної промисловості**

У промислово розвинутих країнах велика увага приділяється розвитку машинобудування, яке є основою технічного переоснащення усіх галузей господарства. Особливе значення при цьому надається створенню високоефективних автоматизованих механоскладальних виробництв на базі технічного переоснащення а також реконструкції діючих виробництв при використанні сучасного обладнання і засобів управління всіма етапами виробничого процесу.

Головними і вирішальними підрозділами кожного машинобудівного заводу є його цехи. Від якості їх роботи залежить ефективність всієї виробничої діяльності заводу в цілому. Тому проектування цехів є важливою складовою частиною проектування кожного заводу. При цьому слід підкреслити, що як основні виробничі, так і допоміжні цехи багатьох машинобудівних заводів і особливо великих заводів часто представляють собою самостійні організаційні одиниці, які мають у своєму складі все необхідне для виконання повних циклів технологічних процесів, або для виготовлення певних елементів виробів, а іноді і цілих агрегатів, або виробів.

Машинобудівні заводи залежно від рівня спеціалізації і кооперування, мають різні структуру і склад виробничих цехів. Розрізняють чотири основних

типи машинобудівних заводів:

-заводи з виробничим циклом для випуску готових машин, які мають в своєму складі весь комплекс цехів: заготівельних, обробляючих і складальних з відповідними допоміжними і обслуговуючими цехами і службами;

-заводи, які виготовляють заготовки і мають у своєму складі лише заготівельні цехи (ливарні, ковальські тощо) та цехи, що їх обслуговують (модельні, штампувальні, ремонтні і т.п.); ці підприємства виготовляють заготовки для постачання по кооперації іншим заводам;

-складальні заводи, які мають у своєму складі лише складальні цехи, в яких проводиться складання машин з окремих агрегатів, що надходять з інших підприємств; на цих заводах можуть виготовлятися також окремі деталі (шляхом механічного оброблення або холодного листового штампування); в цьому випадку на заводі є відповідні цехи;

-спеціалізовані заводи, які виготовляють деталі, агрегати та інші комплектуючі вироби для постачання складальним заводам, що випускають повнокомплектну продукцію; на спеціалізованих заводах виготовляють також різноманітний інструмент, спеціальне оснащення, нестандартне обладнання та інші засоби технологічного оснащення.

В склад машинобудівного заводу з повним виробничим циклом входять виробничі, допоміжні та обслуговуючі цехи та підрозділи. В свою чергу, виробничі цехи поділяються на основні і підсобні. Основними виробничими називають цехи, в яких відбувається оброблення деталей і складання виробів. До числа цих цехів відносяться заготівельні, розкрійно-заготівельні, ливарні, ковальські, обробляючі, складальні, а також випробувальні станції та цехи.

Підсобні виробничі цехи – це цехи, що спеціалізуються на виготовленні продукції, необхідної для забезпечення випуску готових виробів основними виробничими цехами – цехи з виготовлення тари, консервації і підготовки виробів до відвантаження.

Допоміжними називають цехи, які забезпечують нормальну роботу основних виробничих цехів заводу в цілому. До них відносяться інструментальні, ремонтно-механічні, експериментальні, електроремонтні та ін.

До обслуговуючих відносяться цехи і устаткування, які виконують функції господарського і частково технічного обслуговування заводу (транспортне і складське господарство).

Для зменшення вартості будівництва і скорочення транспортних витрат окремі цехи, які входять до складу заводу, групують за загальними технологічними ознаками та виробничими зв'язками і розміщують їх в загальних великих корпусах (промислових будівлях).

Механоскладальне виробництво, яке складається із комплексу виробничих дільниць і допоміжних підрозділів і в якому відбуваються виробничі процеси виготовлення виробів, є складною динамічною системою, структура і параметри якої знаходяться в безпосередній залежності від складності конструкції, номенклатури продукції та характеристик виробничого процесу її виготовлення. Проектування дільниць та цехів машинобудівного виробництва також входить в компетенцію інженера.

## 8.4. Інформаційні технології в машинобудуванні

За останні десятиріччя інформаційні технології набули такого глобального поширення, що зараз без них уже важко уявити життя сучасної людини. На сучасному етапі можна без особливих труднощів навести приклади використання інформаційних технологій у всіх галузях. Відповідно змінилися вимоги до знань та вмінь фахівців. Традиційні методи роботи все частіше замінюють знання і вміння користуватися існуючими інформаційними технологіями в кожній професійній сфері. І це насамперед стосується фахівців в галузі машинобудування і металооброблення. У ній створені системи автоматичного проектування (CAD), системи автоматизованого проектування технологічних процесів (CAM), технології забезпечення життєвого циклу виробу (CALS).

До появи комп'ютерів все проектування нових виробів велося за так званою паперовою технологією. Будь-яке конструкторське бюро було залом з рядами креслярських столів – кульманів, за якими конструктори розробляли креслення нового виробу на папері. Далі ці креслення копіювали на кальку і потім тиражували їх. Вся документація зберігалася на папері. Всі інженерні розрахунки проводилися за допомогою арифмометрів і логарифмічних лінійок. При виготовленні дослідних зразків виробів і їх серійному виробництві налагодження верстатів здійснювалось уручну. Далі проводилися натурні випробування виготовлених дослідних зразків. За їх результатами вносилися необхідні зміни в конструкцію, коректувалися креслення і починалася підготовка до серійного випуску виробу.

З появою комп'ютерів багато етапів створення нових виробів піддалися корінним змінам. Стало можливим перейти на безпаперову технологію. Комп'ютер, оснащений відповідними програмами, спільно з принтером, плоттером і графічним планшетом (дигитайзером) змінив собою кульман, папір, олівець, арифмометр і логарифмічну лінійку. При цьому комп'ютер дозволив автоматизувати і значно прискорити інженерні розрахунки за допомогою САПР ТП.

Використання сучасних комп'ютерних технологій дозволяє істотно скоротити тривалість проектно-конструкторських робіт, складання технічної документації, по-новому реалізувати проектні процедури і в результаті отримати ефективніші технічні рішення.

Апаратне забезпечення автоматизованих робочих місць (АРМ) для працівників самих різних професій мало відрізняється одне від одного. Його основою є професійний комп'ютер. Головна відмінність полягає в їх програмному забезпеченні, яке і відрізняє, наприклад, АРМ інженера-проектувальника від АРМ інженера-технолога.

Новітні комп'ютерні технології дозволяють організувати автоматизоване робоче місце конструктора-проектувальника. Системи автоматизованого проектування (САПР), застосовуються для вирішення різноманітних інженерних і конструкторських завдань.

Застосування САПР-технологій дозволяє скоротити час на виконання проекту і випуск виробів, зменшити можливі помилки, підвищити якість конструкторської документації, а при використанні програмно-керованого устаткування – готувати необхідні для цього дані в потрібному форматі. Повний спектр завдань, що вирішуються з допомогою САПР, надзвичайно широкий, і програм, призначених для цього, розроблено досить багато.

При створенні нових інженерних конструкцій широко застосовується математичне моделювання (машинний експеримент) – моделювання реально існуючих об'єктів, яке здійснюється засобами мови математики і логіки за допомогою комп'ютера.

Математичне моделювання базується на створенні і дослідженні на комп'ютері математичної моделі реальної системи – сукупності математичних співвідношень (рівнянь), що описують цю систему. Рівняння (математична модель) разом з програмою їх розв'язку вводять у комп'ютер і, імітуючи різні значення вхідних (відносно до системи, яка досліджується) сигналів і умов роботи системи, визначають величини, що характеризують поведінку системи.

Математичне моделювання, на відміну від матеріального (експериментального, наочного), є теоретичним, таким, що відбувається тільки в комп'ютері, а не в реальності. Воно дозволяє обійтися без складного, дорогого або небезпечного експерименту.

Математичне моделювання процесу або явища не може дати повного знання про нього. Це особливо істотно у тому випадку, коли об'єкти математичного моделювання мають різну природу. Тому іноді математичне моделювання доповнюють створенням натурної моделі.

На зміну інформаційній підтримці окремих етапів створення інженерних конструкцій в кінці 20-го століття прийшла ідеологія ведення бізнесу CALS (Continuous Acquisition and Support) або, в сучаснішому викладі, PLM (Product Lifecycle Management). За терміном «життєвий цикл» («Life cycle») стоять два поняття – «маркетинговий життєвий цикл» (МЖЦ) і «функціональний життєвий цикл» (ФЖЦ). МЖЦ має відношення до поведінки певного виду продукції на ринку і завершується моральним старінням і зняттям з виробництва, а ФЖЦ пов'язаний з функціональним призначенням виробу і завершується фізичним зношенням і утилізацією.

Сьогодні виробництво складних виробів стало неможливим без забезпечення інформаційної підтримки на всіх стадіях їх життєвого циклу. Інформаційна підтримка – це цілий комплекс питань, що включає автоматизацію процесів проектування, забезпечення технологічних процесів виробництва, автоматизацію управлінської діяльності підприємств, створення електронної експлуатаційної документації, впровадження автоматизованих систем замовлення запасних частин і так далі

Важливу роль в життєвому циклі відіграє маркетинг – система управління, заснована на комплексному аналізі виробничо-збутової діяльності і дії на неї з метою отримання прибутку. Маркетинг включає товарну, цінову політику, а також політику просування товару і продажів.

Основними принципами сучасного маркетингу є: виробництво продукції,

засноване на точному знанні потреб покупця, ринкової ситуації і реальних можливостей сучасного підприємства; ефективне вирішення проблем споживача; націленість фірми на довгостроковий комерційний успіх; активний вплив на формування потреб ринку, постійне вивчення їх змін в умовах мінливого зовнішнього середовища.

Проектування і виробництво нерозривно пов'язані між собою. Конструктор розробляє геометрію виробу, встановлює технічні вимоги і оформляє конструкторську документацію, а технолог забезпечує виготовлення виробу з урахуванням специфіки виробництва, технічних процесів і устаткування.

Електронний опис виробу дає вичерпний опис спроектованого виробу і фактично замінює паперову конструкторську документацію. На його основі з'являється можливість автоматизованого проектування технологічних процесів. Таким чином, виконується ще один принцип CALS – принцип безпаперового представлення інформації.

Організація технологічного процесу виготовлення дослідних зразків і серійного виробництва виробів здійснюється за допомогою систем автоматизованого проектування технологічних процесів, так званих САМ- систем (Computer Aided Manufacturing). Вони забезпечують найбільш раціональний вибір верстатного устаткування, інструментів і режимів оброблення деталей.

Комплексні рішення при цьому базуються на передових технологіях гібридного моделювання, інтегрованих засобах електронного документообігу, а також на широкому спектрі спеціалізованих модулів, серед яких важливе місце займають програми для віртуального моделювання процесів механічного і електроерозійного оброблення з виходом на верстати з числовим програмним керуванням.

У сучасному машинобудуванні і приладобудуванні відбувається ускладнення продукції, що виробляється, номенклатура її збільшується, а серійність виробництва зменшується. Це веде до значного збільшення обсягів і термінів виконання робіт у сфері конструкторсько-технологічної підготовки виробництва. Вимоги ринкової економіки примушують підприємства постійно покращувати споживчі властивості і якість виробів, а терміни їх випуску максимально скорочувати.

Це викликало до життя концепцію крізного циклу проектування і виробництва «від ідеї до металу». Суть її полягає в тому, що комп'ютерні системи і устаткування повинні розглядатися як єдиний інформаційний технологічний процес на всьому протязі від проектування до виготовлення виробів. Наскрізний цикл складається з блоків CAD/CAM/CAE/PDM. САМ- системи є частиною цієї більш загальної концепції.

Так інформаційні технології в машинобудуванні і металообробленні з важливого, але допоміжного засобу сьогодні перетворилися на головну організуючу силу – реальну наскрізну автоматизацію виробничих процесів.



## 8.5. Інтенсифікація машинобудівного комплексу промисловості

Що ж означає інтенсивний шлях розвитку в машинобудуванні і металообробленні? Насамперед, він припускає якісно нове натурально-речовинне наповнення вартісних показників. Адже зростання випуску машинобудівної продукції може бути забезпечений як за рахунок зміни вартості техніки і «вимивання» із номенклатури устаткування, що виробляється, дешевих його видів, так і за рахунок розширення виробництва, збільшення маси техніки, що виробляється, поліпшення її споживчих властивостей. Останній варіант розвитку і представляється єдино вірним в умовах інтенсифікації економіки. Крім того, саме машинобудівне виробництво повинно бути переорієнтовано на використання ресурсо-, і працезберігаючих технологій, машин і устаткування.

Інтенсифікація машинобудівного комплексу повинна розглядатися в двох аспектах. По-перше, інтенсифікація машинобудівного виробництва усередині комплексу, тобто випуск передової техніки з мінімальними втратами живої праці, і, по-друге, інтенсифікація в галузях народного господарства, що відбувається на базі впровадження новітніх машин, устаткування, приладів і пристроїв, що виготовляються машинобудівниками.

Ці напрямки інтенсифікації тісно взаємозалежні і не можуть здійснюватися у відриві один від іншого. Первинним, природно, є виробництво машин і устаткування в машинобудівному комплексі, і від того, як машинобудування справляється з поставленими задачами, залежить ефективність роботи інших галузей народногосподарського комплексу в цілому.

Темпи впровадження досягнень науково-технічного прогресу значною мірою залежать від стану справ всередині машинобудівного комплексу, від того, як швидко машинобудівники зможуть перейти на випуск техніки нових поколінь і оснастити ними різноманітні галузі народного господарства.

Які ж головні напрямки інтенсифікації всередині машинобудівного комплексу? Це, насамперед, відновлення виробничого апарату машинобудівних підприємств. У процесах його відновлення надзвичайно важливо визначити завдання поточного дня і перспективи, пустити в хід усі важелі і стимули і змусити їх працювати на кінцевий результат. Задачею сьогоденного дня є активізація людського фактору і на цій основі максимально можливе використання створеного потенціалу. Дійсно, використовувані в машинобудівному комплексі людські й основні промислово-виробничі ресурси при їх раціональному використанні дозволяють одержувати в 1,5-1,7 рази більше продукції. Іншими словами, навівши лад у власному будинку, названому машинобудівним комплексом, уже зараз практично без додаткових витрат, за рахунок організаційних чинників можна одержати значні обсяги додаткової продукції, необхідної народному господарству.

Не менш важливим є перехід машинобудування на більш високий щабель автоматизації на базі використання роботизованих виробництв. Розширення потреб різноманітних виробничих галузей у номенклатурі, якості, продуктивності та надійності техніки і постійна заміна існуючих технологічних процесів більш досконалыми змушують машинобудівників відмовлятися від

традиційних методів конструювання й організації виробництва машин та устаткування.

Світова практика свідчить, що найефективнішим тут є перехід до автоматизованого проектування і виготовлення машин і пристроїв із застосуванням сучасних засобів обчислювальної техніки і об'єднання процесів проектування та виготовлення сучасних машин у єдиний ланцюжок. Такий підхід у декілька разів прискорює проектування і виробництво машин і робить досягнення наукової та конструкторської думки реальними вже сьогодні, а не у віддаленому майбутньому.

Пріоритетними на першому етапі реконструкції машинобудівного комплексу будуть галузі: верстатобудування, приладобудування, електроніка й електротехніка, у котрих надзвичайно важливо домогтися зміни стану справ. У першу чергу саме тому, що вони служать базою для створення реальних передумов переозброєння виробничого апарату самого машинобудування новими технікою і технологіями.

Прискорене відновлення виробничого апарату в машинобудуванні, а потім і омолодження парку устаткування у інших галузях народного господарства дозволять скоротити чисельність ремонтників і устаткування, на якому виробляються запасні частини і відновляються деталі, у 2-3 рази в порівнянні з нині наявною, а це також обіцяє багатомільйонну економію.

Природно, ці проблеми не можуть бути вирішені при сучасному рівні технічної оснащеності машинобудування. Тому ключовою проблемою переорієнтування останнього на інтенсивний шлях розвитку є прискорення науково-технічного прогресу в машинобудівному комплексі, що потребує широкомасштабного впровадження нових машин і устаткування, ефективних технологічних процесів, використання прогресивних конструкційних матеріалів. Важливий резерв прискореного впровадження досягнень науково-технічного прогресу в машинобудівний комплекс – удосконалення організаційної структури останнього, що повинно здійснюватися одночасно з подальшим поглибленням спеціалізації та розвитком кооперації у виробництві машин і устаткування.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Виноградов В. В. Технология машиностроения: введение в специальность. Технология машиностроения [Текст] / В. М. Виноградов. – М. : Издательский центр «Академия», 2007 – 176 с.
2. Гевко Б. М. Технологія оброблення на верстатах з ЧПК: Навчальний посібник [Текст] / Б. М. Гевко, А. В. Матвійчук. Тернопіль : ТДТУ, 2004. – 131 с.
3. Дальский А. М. Технология конструкционных материалов [Текст] / А. М. Дальский. – М. : Машиностроение, 2004. – 512 с.
4. Довідник кваліфікаційних характеристик професій працівників [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.jobs.ua/ukr/dkhp/>.
5. Железна А. М., Основы взаимозаменяемости, стандартизации та технічних вимірювань: Навчальний посібник [Текст] / А. М. Железна, В. А. Кирилович. – К. : Кондор, 2004. – 796 с.
6. Капустин Н. М. Автоматизация производственных процессов в машиностроении : Учеб. для вузов [Текст] / Н. М. Капустин, П. М. Кузнецов, А. Г. Схиртладзе и др. ; Под ред. Н. М. Капустина. – М. : Высш. шк., 2004. – 415 с. : ил.
7. Кондаков А. И. САПР технологических процессов [Текст] / А. И. Кондаков. – М. : Академия, 2007. – 272 с.
8. Конюх В. Л. Компьютерная автоматизация производства [Текст] / В. Л. Конюх. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2006. – 108 с.
9. Міністерство освіти і науки України. Офіційний веб-сайт. Вища освіта України [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.mon.gov.ua/ua/activity/education/58/>.
10. Руденко П. О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні [Текст] / П. О. Руденко. – К. : Вища шк., 1993. – 414 с.
11. Схиртладзе А. Г. Технологическое оборудование машиностроительных производств [Текст] / А. Г. Схиртладзе. – М. : Высш. шк., 2001. – 407 с.
12. Солнышкин И. П., Чижевский А. Б., Дмитриев С. И. Технологические процессы в машиностроении : Учеб. пособие [Текст] / И. П. Солнышкин, А. Б. Чижевский, С. И. Дмитриев ; Под ред. Н. П. Солнышкина. СПб. : Изд-во СПбГТУ, 2001. – 344 с.
13. Ткаченко І. Г. Технологія машинобудування : вступ до спеціальності : Посібник для практичних занять та самостійної роботи [Текст] / І. Г. Ткаченко, Ю. Б. Капаціла, Ю. Є. Паливода – Тернопіль : Вид-во ТНТУ, 2013. – 84 с.
14. Хільчевський В. В. Матеріалознавство і технологія конструкційних матеріалів : Навчальний посібник [Текст] / В. В. Хільчевський, С. Є. Кондратюк, В. О. Степаненко, К. Г. Лопатько. – К. : Либідь, 2002. – 328 с.
15. Черпаков Б. И. Металлорежущие станки [Текст] / Б. И. Черпаков, Т. А. Альперович. – М. : Издательский центр «Академия», 2003. – 368 с.
16. Чумак М. Г. Матеріали та технологія машинобудування [Текст] / М. Г. Чумак – К. : Либідь, 2000. – 368 с.
17. Шишмарев В. Ю. Машиностроительное производство : Учебник для студ. учреждений средн. проф. образования [Текст] / В. Ю. Шишмарев, Т. И. Каспина. – М. : Издательский центр «Академия», 2004. – 352 с.

## ТЕРМІНОЛОГІЧНИЙ СЛОВНИК

### А

**Абразивні матеріали, абразиви** – тверді порошкоподібні речовини (природні і штучні), які застосовуються для механічного оброблення металів, сплавів, гірських порід, скла, дорогоцінних каменів тощо.

**Автомат** – пристрій (сукупність пристроїв), який виконує за заданою програмою без безпосередньої участі людини всі операції в процесах отримання, перетворення, передавання і використання (розподілу) енергії, матеріалів або інформації.

**Автоматизація виробництва** – вищий рівень розвитку машинної техніки, коли регулювання й управління виробничими процесами здійснюються без участі людини, а лише під її контролем.

**Автоматизація виробничих процесів** – це комплекс заходів з розроблення нових прогресивних технологічних процесів і проектування на їх основі високопродуктивного технологічного обладнання, яке здійснює робочі та допоміжні процеси без безпосередньої участі людини і які забезпечують постійне зростання продуктивності праці.

**Агрегат** – сукупність двох і більше конструктивно об'єднаних різнотипних машин: генераторів, двигунів, апаратів, які діють спільно.

**Апаратура** – сукупність функціонально різноманітних вимірювальних приладів і допоміжних пристроїв та пристосувань, спеціально підібраних для виконання певної технічної задачі.

### Б

**База** – поверхня або сукупність поверхонь, вісь або точка, які належать виробу чи заготовці, і використовуються для базування.

**Базування** – надання заготовці або виробу необхідного положення відносно обраної системи координат.

**Безвідмовність** – властивість об'єкту безперервно зберігати працездатність протягом певного часу.

**Брак виробничий** – продукція, передавання якої споживачу не допускається через наявність дефектів. До браку можуть бути віднесені вироби, напівфабрикати, деталі тощо, які не відповідають за якістю, стандартами, технічними умовами та іншими нормами технічної документації.

### В

**Верстатобудування** – провідна галузь машинобудування, яка створює для всіх галузей народного господарства металообробні і деревообробні верстати, автоматичні і напівавтоматичні лінії, комплекси автоматичного виробництва для виготовлення машин, устаткування і виробів з металу і ін. конструкційних матеріалів, ковальсько-пресове, ливарне і деревообробне устаткування.

**Верстат з ЧПК** – автоматизований на базі обчислювальної техніки верстат, який виконує повторювані операції, у тому числі на конвеєрних виробничих лініях.

**Взаємозамінність** – придатність об'єкту (машини, приладу, механізму, деталі тощо) до використання замість іншого без змінення для виконання однакових вимог при складанні, ремонті чи заміні.

**Виливок** – заготовка виробу або готовий виріб, отриманий при заливанні рідкого матеріалу в ливарну форму, в якій він твердіє.

**Виріб** – предмет або набір предметів, що виготовляються на підприємстві. Виріб є результатом виробничого процесу. Залежно від призначення виробу поділяють на: – вироби основного виробництва; – готова продукція, що призначена для поставки (реалізації) споживачам; – вироби допоміжного виробництва; – вироби призначені для власних потреб підприємства і служать для виготовлення виробів основного виробництва.

**Виробнича дільниця** – ланка у виробничій структурі промислового підприємства (цеху), призначена для виконання технологічно або предметно однорідних робіт; сукупність робочих місць на єдиній території.

**Виробничий потенціал** – це система матеріальних та трудових факторів, які забезпечують досягнення мети виробництва.

**Виробничий процес** – сукупність усіх дій людей і знарядь виробництва, необхідних для виготовлення або ремонту виробів, що виготовляються. До виробничого процесу входять не тільки основні, безпосередньо пов'язані з виготовленням деталей і складанням виробів, а й усі допоміжні процеси, які забезпечують можливість виготовлення продукції.

**Вихідна заготовка** – заготовка перед першою технологічною операцією. Заготовки отримують методами лиття, штампування, кування, прокату та ін.

**Відділення** – структурний підрозділ, який об'єднує навчальні групи з однієї або кількох спеціальностей, методичні, навчально-виробничі та інші підрозділи.

**Відливка (виливок)** – виріб або заготовка, отримані технологічним методом лиття.

**Відмова** – подія, яка полягає в порушенні працездатності об'єкту.

**Встановлення** – процес базування і закріплення заготовки або виробу.

**Вузол** – складальна одиниця, яка може збиратися окремо від інших складових частин машини або механізму і яка може виконувати певні функції у виробі одного призначення тільки спільно з іншими складовими частинами.

## Г

**Гальванічне покриття** – це процес покриття одного металу іншим за допомогою осадження його з водяних розчинів солей під дією електричного струму.

**Гнучке автоматизоване виробництво** – це виробнича система (лінія, ділянка, цех, завод), в якій реалізується комплексно-автоматизоване групове багатомономенклатурне виробництво, оперативно перебудовуване в певному параметричному діапазоні продукції.

## Д

**Деталь** – виріб, виготовлений з однорідного матеріалу без складальних операцій.

**Деталь машини** – виріб, виготовлений з однорідного за найменуванням і маркою матеріалу без використання складальних операцій, складова частина механізму, машини і т. ін.

**Довговічність** – властивість виробу зберігати працездатність до граничного стану з необхідними перервами для технічного обслуговування і ремонтів.

**Документація** – сукупність офіційно визнаних, взаємопов'язаних та складених у визначеній формі документів, які містять передбачувану інформацію про виріб, процес або діяльність даного підприємства.

**Допуск** – різниця між найбільшим і найменшим граничними значеннями (розмірів, маси), задається на геометричні розміри деталей, механічні, фізичні і хімічні властивості. Призначається (вибирається), виходячи з технологічної точності або вимог до виробу.

**Дослідний зразок** – зразок продукції, виготовлений за наново розробленою документацією для перевірки шляхом випробувань відповідності її заданим технічним вимогам з метою прийняття рішення про можливість впровадження у виробництво і використання за призначенням.

## Е

**Ескізний проект** – сукупність конструкторських документів, які повинні вміщувати принципові конструктивні рішення, що дають загальне уявлення про будову і принцип роботи машини, а також дані, які визначають призначення, основні параметри і габаритні розміри машини, що розробляється.

## З

**Завод** – це багатопрофільне підприємство з повним циклом – від генерованої конструкторської ідеї до виготовлення готової продукції.

**Заготовка** – предмет праці, з якого зміною форми, розмірів, властивостей поверхні і/або матеріалу виготовляють деталь.

**Засіб вимірювань** – технічний засіб, який використовується при вимірюваннях і має нормовані метрологічні характеристики.

**Зварювання** – технологічний процес утворення нероз'ємного з'єднання між матеріалами при їх нагріванні та/або пластичному деформуванні за рахунок встановлення міжмолекулярних і міжатомних зв'язків.

**Зенкер** – багатолезовий осьовий різальний інструмент для підвищення точності форми отвору та збільшення його діаметру. Оброблення зенкером носить назву зенкерування.

**Зенкерування** – вид механічного оброблення різанням, при якому відбувається оброблення циліндричних і конічних отворів в деталях з метою збільшення їх діаметру, покращення точності та якості (шорсткості) поверхонь.

**Зносостійкість** – властивість матеріалу чинити опір зношуванню за визначених умов тертя, яка оцінюється величиною, оберненою швидкості зношування чи інтенсивності зношування.

**Зубило** – ударно-різальний інструмент для оброблення металу та будівельних матеріалів (бетону, цегли, каменю).

## I

**Інженер** – особа, що професійно займається інженерією, тобто на основі поєднання прикладних наукових знань, математики та винахідництва знаходить нові вирішення технічних проблем.

**Інструкція** – правовий акт, який створюється органами державного управління для встановлення правил, які регулюють організаційні, науково-технічні, технологічні, фінансові та інші спеціальні сторони діяльності та відносин установ, закладів, підприємств, службових осіб.

**Інструкція з експлуатації (настанова)** – документ, у якому викладено відомості, необхідні для правильної експлуатації (використання, транспортування, зберігання і технічного обслуговування) виробу (установки) та підтримання його (її) в постійній готовності до дії.

**Інструмент** – технологічне оснащення (знаряддя або пристрій), які в процесі праці безпосередньо стикаються з предметом праці з метою зміни чи контролю його форми, стану, властивостей тощо.

**Інструментальна промисловість** – галузь машинобудування, що випускає інструмент, – різальний, вимірювальний, слюсарно-монтажний, затискний, напилки і технологічне оснащення (пристосування, штампи, прес-форми і т. ін.).

**Інформаційна технологія** – це комплекс взаємозалежних, наукових, технологічних, інженерних дисциплін, які вивчають методи ефективної організації праці людей, зайнятих опрацюванням і збереженням інформації; обчислювальну техніку, методи організації і взаємодії з людьми та виробничим устаткуванням, практичні додатки, а також пов'язані з усім цим соціальні, економічні та культурні проблеми.

**Інформаційні технології** – сукупність методів, виробничих процесів і програмно-технічних засобів, інтегрованих з метою збирання, опрацювання, зберігання, розповсюдження, показу і використання інформації в інтересах її користувачів.

## K

**Карта ескізів** – технологічний документ, що містить ескізи, схеми і таблиці, необхідні для виконання технологічного процесу, операції технологічного переходу або ремонту виробу (включаючи контроль і переміщення).

**Кваліфікація** – сертифікація досягнень або компетенцій студента з зазначенням виду і назви підготовки, яка надає право доступу до подальшої освіти та професійної діяльності.

**Кібернетична машина** – це машина, що замінює або імітує різні механічні, фізіологічні або біологічні процеси, що притаманні людині і живій природі, та яка має елементи штучного інтелекту.

**Коефіцієнт питомого опору** – коефіцієнт, який характеризує здатність заготовки опиратися дії робочого органу.

**Комплекс** – це два або більше специфічні вироби, не з'єднані на підприємстві з їх виготовлення, але призначені для виконання взаємозв'язаних функцій (наприклад, комплекс машин).

**Комплексна механізація і автоматизація виробництва** – головний напрямок науково-технічного прогресу, вищий ступінь механізації виробництва, при якому ручна праця замінюється як на основних, так і на допоміжних взаємопов'язаних операціях.

**Комплексно-механізований процес** – це процес, при якому ручна праця як на основних, так і на допоміжних операціях, транспортних і складських роботах замінюється роботою машин і механізмів, а вручну здійснюється лише керування машинами і механізмами.

**Комплект** – два або більше вироби, не з'єднаних на підприємстві за їх виготовленням, призначені для виконання взаємозв'язаних функцій і мають допоміжний характер (наприклад, комплект інструменту).

**Конвеєр** – машина безперервної дії, призначена для транспортування насипних і штучних вантажів – заготовок, деталей, корисних копалин, породи, матеріалів та ін.

**Конкурентоспроможність** – це комплексна характеристика товарів, яка визначає його переваги на ринку порівняно з аналогічними товарами-конкурентами за ступенем задоволення потреби та витратами на це задоволення.

**Конструкція** – будова, взаємне розміщення частин будь-якої деталі, машини, приладу, які визначаються їх призначенням.

**Конструкція виробу** – сукупність властивостей виробу, яку характеризують склад його частин, призначення, взаємне розташування, форма, розміри і матеріали складових частин та види з'єднання їх між собою.

**Конструкторська документація (КД)** – частина технічної документації у вигляді графічних і текстових документів, котрі в сукупності або окремо, визначають склад і будову виробу та містять необхідні дані для його розроблення, виготовлення, контролю, експлуатації, ремонту і утилізації.

**Конструювання** – процес створення конструктором проекту певного об'єкту техніки, який полягає у визначенні форми, розмірів, взаємного розташування й параметрів частин й елементів конструкції об'єкту, його складових (агрегатів, систем, вузлів тощо), способу їх з'єднання, вибору матеріалів окремих елементів та розроблення конструкторської документації.

**Контроль** – одна з основних функцій системи управління. Контроль здійснюється на основі спостереження за поведінкою керованої системи з метою забезпечення оптимального її функціонування.

**Кооперація** – це форма організації економічної діяльності людей і організацій для спільного досягнення загальних цілей або задоволення потреб. Використовується також для позначення характеру економічних та політичних взаємин. Кооперація є системою, що складається з кооперативів та їх об'єднань, мета якої – сприяння членам кооперації у сфері виробництва, торгівлі і фінансів.

**Критерії проектування (або цільові функції)** – математичне вираження результату і мети проектування.

**Критерій оптимальності** – характерний показник розв'язку задачі, за значенням якого оцінюється оптимальність знайденого рішення, тобто максимальне задоволення поставленим вимогам.



## Л

**Литво (лиття)** – технологічний процес виготовлення виливка, суть якого в заповненні ливарної форми розплавленим матеріалом (ливарним сплавом, пластмасою, деякими гірськими породами) і подальшому обробленні отриманих після затвердіння виробів.

## М

**Маніпулятор** – прилад або пристосування для регулювання складних виробничих процесів, який під управлінням оператора виконує дії (маніпуляції), аналогічні діям руки людини, або діє автоматично.

**Маркетинг** – це діяльність, спрямована на створення попиту та досягнення цілей підприємства через максимальне задоволення потреб споживачів.

**Маршрутна карта** – технологічний документ, який містить опис технологічного процесу виготовлення чи ремонту виробу (включаючи контроль і переміщення) за всіма операціями різних видів і технологічної послідовності з зазначенням даних про обладнання, оснащення, матеріальні і трудові нормативи.

**Математичне моделювання** – це засіб вивчення реального об'єкту, процесу або системи шляхом їх заміни математичної моделлю, більш зручною для експериментального дослідження за допомогою ЕОМ.

**Машина** – технічний об'єкт, який складається із взаємопов'язаних функціональних частин (деталей, вузлів, пристроїв, механізмів тощо), що використовує енергію для виконання покладених на нього функцій. Традиційно, під машиною розуміють технічну систему, яка виконує або допомагає у виконанні якогось виду роботи.

**Машинобудування** – найважливіша комплексна галузь обробної промисловості, включає верстатобудування, приладобудування, енергетичне, металургійне, хімічне і сільськогосподарське машинобудування.

**Металорізальний верстат** – машина для розмірного оброблення заготовок в основному зняттям стружки. Крім металевих заготовок зі сталі та чавуну на верстатах обробляють також деталі з кольорових сплавів, пластмас й інших матеріалів. До верстатів відносять і технологічне устаткування, що використовує для оброблення, електрофізичні і електрохімічні методи, електронний або лазерний промінь, поверхневе пластичне деформування та деякі інші види оброблення.

**Метод випробувань** – правила застосування певних принципів і засобів випробувань.

**Метод прогнозування** – спосіб дослідження об'єкту прогнозування, який спрямований на розроблення прогнозу.

**Метрологія** – це наука про вимірювання, методи забезпечення їх єдності та способи досягнення необхідної точності. Основне її завдання – установлення одиниць вимірювань фізичних величин, відтворення їх з допомогою еталонів, а також розроблення методів передачі розмірів одиниць вимірювань від національних еталонів через робочі еталони до робочих засобів вимірювань.

**Механізація виробництва** – заміна ручних засобів праці машинами і механізмами з використанням для їх дії різних видів енергії, тяга в галузях матеріального виробництва або процесах трудової діяльності.

**Механічне оброблення** – оброблення заготовок із різних матеріалів за допомогою фізичної дії різної природи з метою створення виробу за заданими розмірами або проміжної заготовки для подальших технологічних операцій.

**Механічний транспортний засіб** – транспортний засіб, який приводиться в рух з допомогою двигуна.

**Мігчик** – різальний інструмент, призначений для нарізання внутрішньої різі в глухих та наскрізних отворах.

**Мобільна машина** – машина, робочий процес якої протікає під час її руху.

**Модернізація** – зміна в конструкції машини відповідно до нових вимог.

**Молодший спеціаліст** – освітньо-кваліфікаційний рівень вищої освіти (неповна вища освіта), який здобувається на основі повної загальної середньої освіти і передбачає оволодіння особою відповідною освітньо-професійною програмою та набуття компетенцій для здійснення виробничих функцій певного рівня професійної діяльності, що передбачені для первинних посад у певному виді економічної діяльності.

## Н

**Надійність** – властивість машини (складальної одиниці) протягом установленого часу у певних умовах виконувати задані функції при збереженні в заданих межах експлуатаційних показників.

**Збережувальність** – властивість машини (складальної одиниці) безперервно зберігати справний і працездатний стан протягом експлуатації та транспортування.

**Нарізь, різь** – гвинтова канавка на циліндричній або конічній поверхні чого-небудь. Рівномірно розташовані виступи або западини постійного перетину, що утворені на бічній циліндричній або конічній поверхні по гвинтовій лінії з постійним кроком.

**Наука** – сфера діяльності людини, спрямована на отримання (вироблення і систематизацію у вигляді теорій, гіпотез, законів природи чи суспільства тощо) нових знань про навколишній світ.

**Науковий пошук** – особливий вид наукового дослідження, у результаті якого виходять принципово нові результати, що мають значення наукових відкриттів нових закономірностей.

**Науково-технічний прогрес** – це поступальний рух науки і техніки, еволюційний розвиток усіх елементів продуктивних сил виробництва на основі широкого пізнання і освоєння зовнішніх сил природи; це об'єктивна, постійно діюча закономірність розвитку матеріального виробництва, результатом якої є послідовне вдосконалення техніки, технології та організації виробництва, підвищення його ефективності.

**Нормалізація** – вид термооброблення, суть якого полягає у нагріванні до високої температури, витримуванні й повільному охолодженні на повітрі.

## О

**Оброблення матеріалів різанням** – технологічний процес надання матеріалу-заготовці, необхідної форми і конфігурації за допомогою різноманітного різального інструменту.

**Обробний центр** – верстат, призначений для комплексного оброблення деталей і може використовуватися в різних галузях промисловості.

**Операційна карта** – технологічний документ, який містить опис технологічної операції із зазначенням переходів, режимів оброблення і даних про засоби технологічного оснащення.

**Операційний припуск** – припуск, який видаляється при виконанні технологічної операції.

**Операція** – закінчена частина технологічного процесу оброблення однієї або кількох одночасно оброблюваних заготовок, яка виконується на одному робочому місці одним робітником або бригадою.

**Операція технологічна** – окрема частина технологічного процесу, сукупність робочих дій (приймів), що характеризується однорідністю технологічного змісту і єдністю предмету праці, застосовуваного інструменту (устаткування) і робочих пристосувань. Виконується на одному робочому місці.

**Оптимізація** – процес вибору найкращого способу розв'язання задачі з можливих варіантів, а також процес приведення системи в найкращий стан.

**Організація** – цільове об'єднання ресурсів для досягнення певної мети.

**Освітньо-кваліфікаційна характеристика** – це основні вимоги до професійних якостей, знань і умінь фахівця, які необхідні для успішного виконання професійних функцій.

**Оснащення, оснастка** – сукупність усіх необхідних технічних засобів підприємства, галузі тощо.

## П

**Параметр** – це узагальнена назва певної фізичної, геометричної чи іншої властивості пристрою (процесу).

**Підприємство** – самостійний суб'єкт господарювання, створений компетентним органом державної влади або органом місцевого самоврядування, або іншими суб'єктами для задоволення суспільних та особистих потреб шляхом систематичного здійснення виробничої, науково-дослідної, торгівельної, іншої господарської діяльності.

**Плашка** – інструмент для нарізання різі на зовнішніх циліндричних поверхнях деталей.

**Позиція** – фіксоване положення, яке займає незмінно закріплена заготовка або складальна одиниця спільно з пристосуванням відносно інструменту або нерухомої частини обладнання для виконання певної частини операції. Операція може бути виконана за один або кілька переходів.

**Поковка** – виріб або заготовка, отримані технологічним методом кування.

**Полірування** – механічне або ручне викінчувальне оброблення виробів, що надає їх поверхні високої чистоти і дзеркального блиску.

**Потокова лінія** – сукупність робочих місць, розміщених за порядком

здійснення технологічного процесу і пов'язаних між собою спеціальним міжопераційним транспортом – конвеєром.

**Похибка встановлення** – відхилення фактично досягнутого положення заготовки або виробу при встановленні від запланованого.

**Працездатний стан** – стан об'єкту, який характеризується його здатністю виконувати усі необхідні функції.

**Працездатність або працездатний стан** – стан виробу (машини, деталі), при якому він спроможний виконувати певні функції при збереженні значень параметрів в межах, заданих нормативно-технічною документацією та/або конструкторською документацією.

**Працемісткість** – показник, який характеризує витрати робочого часу на виробництво певної споживної вартості або на виконання конкретної технологічної операції.

**Прилад** – технічна конструкція, що уможлиблює виконання певного процесу і призначена для визначених цілей (наприклад, для перетворення енергії, виконання певної механічної роботи, перетворення інформації), що має специфічну форму будови (часто є групою з'єднаних між собою частин, які утворюють функціональну цілісність) залежно від виконуваних параметрів роботи та цільового призначення.

**Принципова схема** – схема, яка відображає повний склад елементів машини та зв'язок між ними і дає детальну уяву про машину.

**Припуск у металообробленні** – шар металу, надлишковий відносно розмірів майбутнього виробу, що його знімають із заготовки в процесі механічного оброблення. Він дорівнює різниці відповідних розмірів заготовки і готового виробу.

**Прогнозування** – дослідницький процес, у результаті якого отримують ймовірні дані про майбутній стан прогнозованого об'єкту.

**Програмування** – це процес проектування, написання, тестування, і підтримки комп'ютерних програм.

**Продуктивність машини** – кількість сировини, проміжного продукту або кінцевої продукції, яка обробляється машиною за одиницю часу.

**Проектування** – розроблення проектної, конструкторської та іншої технічної документації, призначеної для забезпечення розроблення і створення нових видів та зразків. В процесі проектування виконуються технічні та економічні розрахунки, схеми, графіки, пояснювальні записки, кошториси, калькуляції та описи.

**Прокатування** – це вид оброблення, при якому заготовка обтискується двома обертовими валками прокатного стану. Метал при прокатуванні деформується на невеликій ділянці, що називається зоною деформації.

**Промисловий потенціал** – це частина виробничого потенціалу, що характеризує ресурсний потенціал виробництва.

**Промисловий робот** – багатоцільовий маніпуляційний робот, що складається з механічного маніпулятора і перепрограмованої системи керування, який застосовується для переміщення об'єктів в просторі трьох і більше координат та для виконання різноманітних виробничих процесів.

**Проміжний припуск** – припуск, що видаляється при виконанні одного технологічного переходу.

**Протягування** – операція механічного оброблення, в якій використовується багатолезовий інструмент – протяжка.

**Протяжка** – багатолезовий інструмент, леза різальної ділянки якого розміщені одне за другим у напрямі головного руху різання, виступають одне над другим у напрямі, перпендикулярному до напрямку цього руху, який здійснюється без руху подавання.

**Професійна компетентність** – результат професійної освіти, що містить у собі як зміст професійної підготовки, так і систему непрофесійних знань, що необхідні спеціалісту.

**Професія** – типова, історично сформована необхідна для суспільства діяльність, для виконання якої працівник має володіти певними знаннями, уміннями, навиками, а також мати відповідні здібності та особливості особистості.

## Р

**Реконструкція, модернізація** – це переобладнання існуючих виробничих потужностей, пов'язане з удосконаленням виробництва і підвищенням його техніко-економічного рівня на основі науково-технічних досягнень, що здійснюється за комплексним проектом реконструкції підприємства з метою збільшення виробничих потужностей, поліпшення якості та зміни номенклатури продукції при поліпшенні умов праці та охорони навколишнього природного середовища.

**Ремонтпридатність** – властивість об'єкту пристосовуватись до попередження відмов шляхом проведення ремонтів і технічного обслуговування.

**Ритм випуску** – кількість виробів або заготовок певних найменувань, типорозмірів і виконань, які виготовляються за одиницю часу.

**Різець токарний** – клиноподібний різальний інструмент, який під час оброблення заглиблюється в тіло заготовки й поступово знімає стружку.

**Робоче місце** – це первинна ланка виробництва, зона прикладання праці одного або кількох (якщо робоче місце колективне) виконавців, визначена на підставі трудових та інших чинних норм і облаштована необхідними засобами для трудової діяльності.

**Робочі органи** – деталі або вузли машини, які безпосередньо діють на матеріал в процесі його оброблення.

**Робочий хід** – закінчена частина технологічного переходу, яка складається з однократного переміщення інструменту відносно заготовки, що супроводжується зміною форми, розмірів, шорсткості поверхні та властивостей заготовки.

**Розвертка** – багатолезовий осьовий різальний інструмент для підвищення точності форми та розмірів отвору та зменшення шорсткості поверхні після попереднього оброблення свердлом, зенкером або розточувальним різцем.

## С

**Свердління** – поширений технологічний метод отримання отворів різанням, вид механічного оброблення матеріалів різанням, при якому за допомогою спеціального різального інструменту (свердла), що обертається, отримують отвори різного діаметру і глибини, або багатогранні отвори різного перетину і глибини.

**Свердло** – дворізцевий, інколи однорізцевий осьовий різальний інструмент для утворення отвору у суцільному матеріалі та (або) збільшення діаметра наявного отвору з однією або двома різальними крайками.

**Сертифікація** – діяльність уповноважених органів з підтвердження відповідності товару (роботи, послуги) обов'язковим вимогам стандарту і видачі документа відповідності.

**Система автоматизованого проектування (САП або САПР) або автоматизована система проектування (АСП)** – автоматизована система, призначена для автоматизації технологічного процесу проектування виробу, кінцевим результатом якого є комплект проектно-конструкторської документації, достатньої для виготовлення та подальшої експлуатації об'єкту проектування.

**Складальна одиниця** – виріб із складових частин, які підлягають з'єднанню на підприємстві, яке її виготовляє.

**Спеціалізація** – набуття особою здатностей виконувати окремі завдання та обов'язки, які мають особливості, в межах спеціальності.

**Спеціальність** – комплекс набутих людиною знань і практичних навичок, що дає їй можливість займатися певним родом занять у якійсь галузі діяльності.

**Стандартизація** – діяльність, що полягає в установленні положень для загального та неодноразового використання щодо наявних чи потенційних завдань і спрямована на досягнення оптимального ступеня впорядкованості в певній сфері.

**Станина** – це опора (основа) машини, служить для установки і монтажу всіх її вузлів.

**Стаціонарна машина** – машина, яка встановлюється в одному місці і обробляє матеріал, що подається до неї транспортними засобами.

**Стругання** – це процес різання деревини з прямолінійним рухом різця (чи заготовки), при якому оброблена поверхня і площина різання співпадають.

**Стружка, інколи остружок** – тонкий шар матеріалу, який утворюється під час оброблення різанням.

**Структурна схема** – схема, яка визначає основні функціональні частини машини, їх призначення та взаємозв'язки.

**Супорт** – основний вузол металорізального верстата (зазвичай токарного і стругального), який призначений для закріплення різального інструменту або заготовки і передачі при роботі руху подачі. Супорт забезпечує високу точність встановлення заготовки і робочого руху.

**Схема базування** – схема розташування опорних точок на базах заготовки чи виробу.

## Т

**Такт випуску** – інтервал часу, через який періодично проводиться випуск виробів або заготовок певного найменування, типорозміру і виконання.

**Тенденція** – в широкому значенні – незворотні зміни певної спрямованості, що визначаються через реалізацію конкретних умов за законами функціонування.

**Термічне оброблення** – технологічний процес, сутність якого полягає у зміні структури металів і сплавів при нагріванні, витримці та охолодженні, згідно зі спеціальним режимом, і тим самим, у зміні властивостей останніх.

**Техніка безпеки** – це система організаційних і технічних засобів, які запобігають дії на працівників небезпечних виробничих чинників. У небезпечних зонах постійно діють або періодично виникають чинники, небезпечні для життя і здоров'я людини.

**Технічна документація** – система графічних і текстових документів, необхідних і достатніх для безпосереднього використання на усіх стадіях життєвого циклу продукції (конструюванні, виготовленні та експлуатації промислових виробів; при проектуванні, зведенні і експлуатації будівель і споруд; при розробленні технологічних процесів виробництва; при розробленні та використанні програмного забезпечення).

**Технічна пропозиція** – сукупність конструкторських документів, які вміщують технічні й техніко-економічні обґрунтування доцільності розроблення документації сільськогосподарських машин на основі аналізу «Технічного завдання».

**Технічне завдання** – компромісний документ між спеціалістами машинобудівного виробництва (замовником) і спеціалістами (виконавцем) з виконання вихідних вимог, враховуючи конкретні умови виробництва техніки, яка замовляється, її ціну тощо.

**Технічне завдання (ТЗ)** – документ, який встановлює основне призначення, показники якості, техніко-економічні та спеціальні вимоги до виробу, обсягу, стадії розроблення та складу конструкторської документації.

**Технічне обслуговування (ТО)** – це комплекс операцій (операція) для підтримання машини в працездатному чи справному стані під час використання його за призначенням, зберігання або транспортування.

**Технічний контроль** – це перевірка відповідності об'єкту (продукції або процесу, від якого залежить її якість) встановленим технічним вимогам.

**Технічний проект** – сукупність конструкторських документів, які повинні вміщувати кінцеві технічні рішення, що дають повне уявлення про будову машини, яка розробляється, і вихідні дані для розроблення робочої конструкторської документації.

**Технологічна документація** – комплекс текстових і графічних документів, котрі визначають окремо або в сукупності технологічність виготовлення або ремонту виробу (включаючи контроль і транспортування) і що містить необхідні дані для організації виробництва.

**Технологічна інструкція** – технологічний документ, що містить опис прийомів роботи або технологічних процесів виготовлення чи ремонту виробу,

правил експлуатації засобів технічного оснащення, описи фізичних і хімічних явищ, які виникають при окремих операціях.

**Технологічний метод** – сукупність правил, що визначають послідовність і зміст дій при виконанні формоутворення, оброблення або складання, переміщення, включаючи технічний контроль, випробування в технологічному процесі виготовлення або ремонту, встановлених безвідносно до найменування, типорозміру або виконання виробу.

**Технологічний перехід** – закінчена частина операції, яка характеризується незмінністю оброблюваної поверхні, різального інструменту і режиму роботи верстата (частота обертання, подача і глибина різання).

**Технологічний процес** – це частина виробничого процесу, що вміщує дії зі зміни та/або визначення стану предмета праці, тобто безпосередньо пов'язана зі зміною форми, розмірів і властивостей оброблюваної заготовки, які виконуються в певній послідовності.

**Технологічний спосіб виробництва (ТСВ)** – це історично визначений спосіб поєднання різних компонентів у системі продуктивних сил, насамперед людини та технічних засобів праці.

**Технологічність конструкції виробу** – сукупність властивостей конструкції виробу, які забезпечують його виготовлення, ремонт і технічне обслуговування за найбільш ефективною технологією порівняно з однотипними конструкціями того ж призначення за однакових умов їх виготовлення і експлуатації і при одних і тих же показниках якості.

**Технологія** – комплекс наукових та інженерних знань, реалізованих у прийомах праці, наборах матеріальних, технічних, енергетичних, трудових факторів виробництва, засобах їх об'єднання для створення продукту або послуги, що відповідають певним вимогам.

**Токарне оброблення** – технологічний процес, при якому різець із спеціальною різальною кромкою зменшує діаметр виробу, який обробляється.

**Точіння** – це технологічна операція, мета якої – отримання деталі з поверхнями тіл обертання. Процес різання при точінні відбувається при обертальному русі заготовки або різця і подачі уподовж або упоперек осі обертання.

**Точність оброблення** – ступінь відповідності геометричних параметрів обробленої деталі параметрам, заданим на кресленні.

## У

**Умови випробувань** – сукупність чинників, що діють на об'єкт, і режимів функціонування об'єкта під час випробувань.

**Умови експлуатації** – сукупність факторів, які діють на виріб при його експлуатації і впливають на функціонування й працездатність цього виробу.

**Універсальна машина** – машина, яка може виконати в різні календарні строки різноманітні операції.

**Уніфікація** – найпоширеніший та ефективний метод стандартизації, який передбачає приведення об'єктів до однотипності на основі встановлення раціонального числа їх різновидів.



## Ф

**Фактор** – змінна величина, що впливає на процес, який вивчається.

**Фреза** – багатолезовий різальний інструмент, зубці якого послідовно вступають у контакт з оброблювальною поверхнею. Залежно від призначення та виду поверхонь для фрезерування застосовують фрези різних конструкцій, типів, з різним матеріалом різальної кромки.

**Фрезерування** – один із найпродуктивніших методів оброблення. Головний рух (рух різання) під час фрезерування – обертальний, його здійснює фреза, рух подачі – прямолінійний.

**Функціональна схема** – схема, яка пояснює процеси, що проходять у машині.

## Х

**Хонінгування** – вид абразивного оброблення матеріалів із застосуванням хонінгувальних головок (хони). Хонінгування в основному застосовується для обробки внутрішніх циліндричних поверхонь поєднанням обертального й зворотно-поступального руху хона із закріпленими на ньому розсувними абразивними брусками з рясним зрошенням оброблюваної поверхні змащувально-охолоджувальною рідиною.

## Ц

**Цементация сталі** – вид хіміко-термічного оброблення, який полягає у поверхневому дифузійному насиченні мало вуглецевої сталі вуглецем з метою підвищення твердості та зносостійкості. Цементация з наступним термічним обробленням одночасно підвищує і границю витривалості.

**Цех** – це організаційно відособлений підрозділ підприємства, який складається з низки виробничих і допоміжних ділянок та обслуговуючих ланок. Цех виконує визначені обмежені виробничі функції, зумовлені характером кооперації праці всередині підприємства.

**Цикл технологічної операції** – інтервал календарного часу від початку до кінця періодично повторюваної технологічної операції незалежно від числа виробів, які одночасно ремонтуються або виготовляються.

## Ч

**Часткова автоматизація** – автоматизація будь-якої частини повністю механізованого виробничого процесу зі збереженням ручного керування іншою частиною операцій цього процесу.

**Частота обертання** – величина, що дорівнює відношенню числа обертів деталі, заготовки чи інструменту до часу обертання.

**Числове програмне керування** – керування, при якому програму задають у вигляді записаного на будь-який носій масиву інформації.

## Ш

**Шарнір** – рухоме з'єднання тіл (наприклад, деталей механізму) чи будівельної конструкції, яке допускає взаємні повороти або обертання їх, зазвичай на обмежені кути.

**Шліфування** – один із продуктивних методів оброблення різних поверхонь заготовок інструментом, що має вигляд тіла обертання, різальними елементами якого є безліч дуже твердих абразивних зерен скріпленого зв'язкою.

**Шліцьове (зубчасте) з'єднання** – з'єднання валу (охоплюваної поверхні) та отвору маточини деталі (охоплюючої поверхні) за допомогою паралельних до осі валу (отвору) шліців (зубів) і впадин (пазів) рівномірно розміщених на їх циліндричних поверхнях.

**Шорсткість поверхні** – характеристика нерівностей, виражена у числових величинах, які визначають ступінь їх відхилення на базовій довжині від теоретично гладких поверхонь заданої геометричної форми.

**Шпindelь** – деталь машин, що обертається. Вал металорізального верстата, який передає обертання інструменту або оброблювальній заготовці.

**Штампована заготовка** – виріб або заготовка, отримані технологічним методом штампування.

**Штампування** – процес оброблення матеріалів тиском – пластичне деформування заготовки в штампах з витіканням металу, обмеженого розмірами штампувального простору. Під час штампування відбувається формоутворення без зняття стружки, забезпечується висока точність виробів при високій продуктивності праці.

## Я

**Якість машини** – це сукупність властивостей, що визначають її здатність виконувати свої функції відповідно до ергономічних, естетичних, економічних та інших вимог.

## ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ

### 1. Характеристика важкого машинобудування:

- малі обсяги використання матеріалу, відносно незначна працемісткість і високе споживання електроенергії;
- мала металомісткість, підвищена енергомісткість і працемісткість;
- значні обсяги споживання металу, відносно мала працемісткість і використання енергії;
- середні норми споживання металу, енергії, висока працемісткість.

### 2. Особливості виробництва продукції важкого машинобудування полягають у:

- штампуванні, механічному обробленні і складанні малогабаритних деталей;
- литві, механічному обробленні і складанні великогабаритних деталей, вузлів, агрегатів;
- куванні, складанні малогабаритних деталей;
- складності устаткування, уніфікації стандартних вузлів.

### 3. Характеристика середнього машинобудування:

- мала металомісткість, підвищена енергомісткість і працемісткість;
- середні норми споживання матеріалу, енергії, низька працемісткість;
- значні обсяги споживання матеріалу, відносно мала працемісткість і використання енергії;
- закінчені виробничі цикли, які самостійно здійснюють виготовлення заготовок, оброблення і складання деталей та вузлів.

### 4. Особливості виробництва продукції середнього машинобудування полягають у:

- складності устаткування, уніфікації стандартних вузлів;
- наявності вузькоспеціалізованих заводів;
- поєднанні складальних операцій з монтажем деталей, агрегатів і секцій;
- вузькій спеціалізації, кооперованих зв'язках.

### 5. Напрямки розвитку науки в машинобудуванні:

- узагальнення теорії виготовлення машин та вирішення проблем їх експлуатації;
- розроблення теорії проектування машин та розв'язання проблем їх виготовлення;
- створення теоретичних основ допоміжних виробництв;
- експериментальні та теоретичні дослідження процесу різання.

### 6. Розвиток технології машинобудування на сучасному етапі полягає у:

- обґрунтуванні вибору методів та засобів оброблення сталей і сплавів;
- ускладненні завдань використання комплексних методів дослідження;

- переході до масового застосування високоефективних систем машин та технологічних процесів, які забезпечують комплексну механізацію й автоматизацію виробництва;

- розширенні науково-дослідницьких робіт в галузі різання легких металів.

#### 7. Основні методи ресурсозбереження в машинобудуванні:

- зниження питомої маси виробів; підвищення коефіцієнта використання матеріалів; збільшення терміну служби виробів;

- підвищення працездатності і собівартості виробів;

- підвищення працездатності виготовлення різальних інструментів;

- комбіноване застосування електро-плазмо-хімічних та деформаційних технологій.

#### 8. Що таке машина?

- виріб, з якого в результаті зміни форми, розмірів, шорсткості поверхонь та властивостей матеріалу отримують деталь чи суцільну складальну одиницю;

- виріб, який виготовляють без складальних операцій, наприклад, вал, шестерня, гайка тощо;

- механізм або поєднання механізмів, які здійснюють доцільні рухи для перетворення енергії або виконання корисної роботи;

- виріб, частини якого з'єднуються між собою внаслідок виконання складальних операцій.

#### 9. Продуктивність машини – це:

- кількість сировини, проміжного продукту або кінцевої продукції, яка обробляється машиною за одиницю часу;

- кількість машинного часу, необхідного для виготовлення партії деталей;

- кількість часу, необхідного для виготовлення 1 машини;

- інтервал часу, через який періодично проводиться випуск виробів або заготовок певного найменування, типорозміру і виконання.

#### 10. Безвідмовність – це:

- властивість машини (складальної одиниці), яка полягає в її пристосованості до попередження, виявлення та усунення відмов, пошкоджень і несправностей шляхом проведення технічних обслуговувань і ремонтів;

- властивість машини зберігати працездатність при експлуатації протягом визначеного часу (наробітку) без вимушених перерв;

- властивість машини (складальної одиниці) безперервно зберігати справний і працездатний стан протягом експлуатації та транспортування;

- властивість машини (складальної одиниці) зберігати працездатність із необхідними перервами для технічного обслуговування й ремонту до граничного стану.

#### 11. Довговічність – це:

- властивість машини (складальної одиниці) безперервно зберігати справний і працездатний стан протягом експлуатації та транспортування;

- властивість машини зберігати працездатність при експлуатації протягом визначеного часу (наробітку) без вимушених перерв;
- властивість машини (складальної одиниці), яка полягає в її пристосованості до попередження, виявлення та усунення відмов, пошкоджень і несправностей шляхом проведення технічних обслуговувань і ремонтів;
- властивість машини (складальної одиниці) зберігати працездатність із необхідними перервами для технічного обслуговування й ремонту до граничного стану.

#### 12. Ремонтопридатність – це:

- властивість машини (складальної одиниці), яка полягає в її пристосованості до попередження, виявлення та усунення відмов, пошкоджень і несправностей шляхом проведення технічних обслуговувань і ремонтів;
- властивість машини (складальної одиниці) безперервно зберігати справний і працездатний стан протягом експлуатації та транспортування;
- властивість машини (складальної одиниці) зберігати працездатність із необхідними перервами для технічного обслуговування й ремонту до граничного стану;
- властивість машини зберігати працездатність при експлуатації протягом визначеного часу (наробітку) без вимушених перерв.

#### 13. Збережуваність – це:

- властивість машини зберігати працездатність при експлуатації протягом визначеного часу (наробітку) без вимушених перерв;
- властивість машини (складальної одиниці) безперервно зберігати справний і працездатний стан протягом експлуатації та транспортування;
- властивість машини (складальної одиниці) зберігати працездатність із необхідними перервами для технічного обслуговування й ремонту до граничного стану;
- властивість машини (складальної одиниці), яка полягає в її пристосованості до попередження, виявлення та усунення відмов, пошкоджень і несправностей шляхом проведення технічних обслуговувань і ремонтів.

#### 14. Що таке виріб?

- машини, їх деталі та вузли, а також заготовки деталей в процесі виробництва;
- виріб, частини якого з'єднуються між собою внаслідок виконання складальних операцій;
- виріб, який виготовляють без складальних операцій, наприклад, вал, шестерня, гайка тощо;
- два або більше виробів, не з'єднаних між собою та призначених для виконання однакових функцій допоміжного характеру.

#### 15. Що таке заготовка?

- механізм або поєднання механізмів, які здійснюють доцільні рухи для перетворення енергії або виконання корисної роботи;
- виріб, який виготовляють без складальних операцій, наприклад, вал, шестерня, гайка тощо;

- машини, їх деталі та вузли, а також заготовки деталей в процесі виробництва;
- виріб, з якого в результаті зміни форми, розмірів, шорсткості поверхонь та властивостей матеріалу отримують деталь чи суцільну складальну одиницю.

#### 16. Що таке деталь?

- виріб, частини якого з'єднуються між собою внаслідок виконання складальних операцій;
- виріб, який виготовляють без складальних операцій, наприклад, вал, шестерня, гайка тощо;
- механізм або поєднання механізмів, які здійснюють доцільні рухи для перетворення енергії або виконання корисної роботи;
- машини, їх деталі та вузли, а також заготовки деталей в процесі виробництва.

#### 17. Що таке складальна одиниця?

- виріб, з якого в результаті зміни форми, розмірів, шорсткості поверхонь та властивостей матеріалу отримують деталь чи суцільну складальну одиницю;
- машини, їх деталі та вузли, а також заготовки деталей в процесі виробництва;
- виріб, частини якого з'єднуються між собою внаслідок виконання складальних операцій;
- механізм або поєднання механізмів, які здійснюють доцільні рухи для перетворення енергії або виконання корисної роботи.

#### 18. Що таке комплекс?

- механізм або поєднання механізмів, які здійснюють доцільні рухи для перетворення енергії або виконання корисної роботи;
- дві або більше складальні одиниці, що з'єднані між собою при виконанні складальних операцій та призначені для виконання взаємопов'язаних експлуатаційних функцій;
- машини, їх деталі та вузли, а також заготовки деталей в процесі виробництва;
- машини, їх деталі та вузли, а також заготовки деталей в процесі виробництва.

#### 19. Що таке комплект?

- дві або більше складальні одиниці, що з'єднані між собою при виконанні складальних операцій та призначені для виконання взаємопов'язаних експлуатаційних функцій;
- механізм або поєднання механізмів, які здійснюють доцільні рухи для перетворення енергії або виконання корисної роботи;
- машини, їх деталі та вузли, а також заготовки деталей в процесі виробництва;
- два або більше виробів, не з'єднаних між собою та призначених для виконання однакових функцій допоміжного характеру.

## 20. Що таке виробничий процес?

- сукупність усіх дій, людей та знарядь виробництва, пов'язаних з переробленням сировини й напівфабрикатів у виробу;
- частина виробничого процесу, що супроводжується зміною форми, розмірів, властивостей матеріалу або напівфабрикату для одержання виробу відповідно до заданих технічних вимог;
- відрізок часу на оброблення складальних одиниць різанням або тиском, складання;
- відрізок часу від моменту початку виготовлення виробу до відправлення його замовнику.

## 21. Що таке виробничий цикл?

- частина виробничого процесу, що супроводжується зміною форми, розмірів, властивостей матеріалу або напівфабрикату для одержання виробу відповідно до заданих технічних вимог;
- відрізок часу на оброблення складальних одиниць різанням або тиском, складання;
- відрізок часу від моменту початку виготовлення виробу до відправлення його замовнику;
- сукупність усіх дій, людей та знарядь виробництва, пов'язаних з переробленням сировини й напівфабрикатів у виробу.

## 22. Що таке технологічний процес?

- сукупність усіх дій, людей та знарядь виробництва, пов'язаних з переробленням сировини й напівфабрикатів у виробу;
- частина виробничого процесу, що супроводжується зміною форми, розмірів, властивостей матеріалу або напівфабрикату для одержання виробу відповідно до заданих технічних вимог;
- відрізок часу від моменту початку виготовлення виробу до відправлення його замовнику;
- відрізок часу на оброблення складальних одиниць різанням або тиском, складання.

## 23. Що відноситься до технологічного обладнання?

- інструменти, пристосування, контрольні прилади;
- верстати, промислові роботи;
- пристрої для складання, транспортування виробів;
- устаткування для оброблення деталей різанням або тиском.

## 24. Що відноситься до технологічного оснащення?

- верстати, промислові роботи;
- пристрої для складання, транспортування виробів;
- устаткування для оброблення деталей різанням або тиском;
- інструменти, пристосування, контрольні прилади.

## 25. Операція – це:

- безперервна у часі, закінчена частина технологічного процесу виготовлення деталі, виконувана на одному робочому місці одним або декількома робітниками, за допомогою однієї або декількох одиниць автоматизованого або автоматичного обладнання;

- частина переходу, що є одноразовим переміщенням інструменту відносно заготовки, супроводжуване зміною її форми, розмірів, шорсткості поверхні або властивостей;

- кожне окреме положення заготовки, яке вона займає відносно верстата при незмінному закріпленні;

- відрізок часу, що містить у собі тривалість повного оброблення заготовки, час її пролежування між операціями та час на контроль деталі до подачі її на склад.

## 26. Робоче місце – це:

- виробниче приміщення з розміщеними на ньому інструментальними складами;

- частина виробничого приміщення, у якій складуються предмети виробництва та готові вироби;

- частина виробничого приміщення, у якій розміщені виконавці роботи, технологічне та допоміжне обладнання, оснащення, а також предмети виробництва;

- виробниче приміщення з розміщеними на ньому допоміжними комунікаціями, транспортними засобами.

## 27. Технологічний перехід – це:

- безперервна у часі, закінчена частина технологічного процесу виготовлення деталі, виконувана на одному робочому місці одним або декількома робітниками, за допомогою однієї або декількох одиниць автоматизованого або автоматичного обладнання;

- закінчена частина технологічної операції, що характеризується незмінністю застосовуваного інструменту та поверхонь, які утворюються в результаті оброблення або з'єднуються під час складання;

- частина переходу, що є одноразовим переміщенням інструменту відносно заготовки, супроводжуване зміною її форми, розмірів, шорсткості поверхні або властивостей;

- частина технологічної операції, виконувана при незмінному закріпленні оброблюваних заготовок або складальної одиниці.

## 28. Робочий хід – це:

- частина переходу, що є одноразовим переміщенням інструменту відносно заготовки, супроводжуване зміною її форми, розмірів, шорсткості поверхні або властивостей;

- закінчена частина технологічної операції, що характеризується незмінністю застосовуваного інструменту та поверхонь, які утворюються в



результаті оброблення або з'єднуються під час складання;

- безперервна у часі, закінчена частина технологічного процесу виготовлення деталі, виконувана на одному робочому місці одним або декількома робітниками, за допомогою однієї або декількох одиниць автоматизованого або автоматичного обладнання;

- частина технологічної операції, виконувана при незмінному закріпленні оброблюваних заготовок або складальної одиниці.

29. Установ – це:

- безперервна у часі, закінчена частина технологічного процесу виготовлення деталі, виконувана на одному робочому місці одним або декількома робітниками, за допомогою однієї або декількох одиниць автоматизованого або автоматичного обладнання;

- закінчена частина технологічної операції, що характеризується незмінністю застосовуваного інструменту та поверхонь, які утворюються в результаті оброблення або з'єднуються під час складання;

- частина технологічної операції, виконувана при незмінному закріпленні оброблюваних заготовок або складальної одиниці;

- частина переходу, що є одноразовим переміщенням інструменту відносно заготовки, супроводжуване зміною її форми, розмірів, шорсткості поверхні або властивостей.

30. Позиція – це:

- частина технологічної операції, виконувана при незмінному закріпленні оброблюваних заготовок або складальної одиниці;

- частина переходу, що є одноразовим переміщенням інструменту відносно заготовки, супроводжуване зміною її форми, розмірів, шорсткості поверхні або властивостей;

- кожне окреме положення заготовки, яке вона займає відносно верстата при незмінному закріпленні;

- частина виробничого приміщення, у якій розміщені виконавці роботи, технологічне та допоміжне обладнання, оснащення, а також предмети виробництва.

31. Технологічний цикл – це:

- частина переходу, що є одноразовим переміщенням інструменту відносно заготовки, супроводжуване зміною її форми, розмірів, шорсткості поверхні або властивостей;

- частина технологічної операції, виконувана при незмінному закріпленні оброблюваних заготовок або складальної одиниці;

- безперервна у часі, закінчена частина технологічного процесу виготовлення деталі, виконувана на одному робочому місці одним або декількома робітниками, за допомогою однієї або декількох одиниць автоматизованого або автоматичного обладнання;

- відрізок часу, що містить у собі тривалість повного оброблення

заготовки, час її пролежування між операціями та час на контроль деталі до подачі її на склад.

32. Технічна норма часу – це:

- частина технологічної операції, виконувана при незмінному закріпленні оброблюваних заготовок або складальної одиниці;
- час, необхідний та достатній для виконання заданої операції;
- відрізок часу, що містить у собі тривалість повного оброблення заготовки, час її пролежування між операціями та час на контроль деталі до подачі її на склад;
- частина переходу, що є одноразовим переміщенням інструменту відносно заготовки, супроводжуване зміною її форми, розмірів, шорсткості поверхні або властивостей.

33. Одиничним називається виробництво, на якому:

- однакові за конструкцією і (або) розмірами вироби виготовляють у декількох екземплярах, після чого відбувається зміна номенклатури виробів;
- у значних кількостях на вузькоспеціалізованих робочих місцях випускаються вироби вузької номенклатури з практично безперервним виконанням одних і тих самих операцій;
- випуск однотипних за конструкцією й однакових за розмірами виробів здійснюється партіями або серіями, що виготовляються одночасно;
- на лінії оброблення має місце безперервне переміщення заготовок від одного робочого місця до іншого.

34. Ознаки одиничного виробництва:

- використовується спеціалізоване або спеціальне обладнання з високим ступенем автоматизації; низька працемісткість та вартість оброблення; порівняно короткий технологічний цикл;
- робочі місця мають широку спеціалізацію, тому на них використовуються, в основному, верстати з ЧПК;
- використовується універсальне обладнання; обслуговуючий персонал високої кваліфікації; значна тривалість, високі точність та вартість оброблення;
- обладнання є більш завантаженим, вища спеціалізація робітників, нижча собівартість продукції.

35. Серійним називається виробництво, на якому:

- у значних кількостях на вузькоспеціалізованих робочих місцях випускаються вироби вузької номенклатури з практично безперервним виконанням одних і тих самих операцій;
- однакові за конструкцією і (або) розмірами вироби виготовляють у декількох екземплярах, після чого відбувається зміна номенклатури виробів;
- значна тривалість, високі точність та вартість оброблення;
- випуск однотипних за конструкцією й однакових за розмірами виробів здійснюється партіями або серіями, що виготовляються одночасно.

### 36. Ознаки серійного виробництва:

- використовується високопродуктивне автоматизоване обладнання та складне технологічне оснащення;
- обладнання є більш завантаженим, вища спеціалізація робітників, нижча собівартість продукції;
- використовується спеціалізоване або спеціальне обладнання з високим ступенем автоматизації; низька працемісткість та вартість оброблення; порівняно короткий технологічний цикл;
- використовується універсальне обладнання; обслуговуючий персонал високої кваліфікації; значна тривалість, високі точність та вартість оброблення.

### 37. Масовим називається виробництво, на якому:

- у значних кількостях на вузькоспеціалізованих робочих місцях випускаються вироби вузької номенклатури з практично безперервним виконанням одних і тих самих операцій;
- виготовляються різні типи виробів;
- випуск однотипних за конструкцією й однакових за розмірами виробів здійснюється партіями або серіями, що виготовляються одночасно;
- однакові за конструкцією і (або) розмірами вироби виготовляють у декількох екземплярах, після чого відбувається зміна номенклатури виробів.

### 38. Ознаки масового виробництва:

- використовується універсальне обладнання; обслуговуючий персонал високої кваліфікації; значна тривалість, високі точність та вартість оброблення;
- обладнання є більш завантаженим, вища спеціалізація робітників, нижча собівартість продукції;
- робочі місця мають широку спеціалізацію, тому на них використовуються, в основному, верстати з ЧПК;
- використовується спеціалізоване або спеціальне обладнання з високим ступенем автоматизації; низька працемісткість та вартість оброблення; порівняно короткий технологічний цикл.

### 39. Коефіцієнт закріплення операцій – це:

- відношення кількості всіх робочих місць до кількості технологічних операцій, виконаних, або, що підлягають виконанню протягом місяця;
- відношення кількості всіх технологічних операцій, виконаних, або, що підлягають виконанню, до кількості робочих місць;
- добуток кількості операцій на кількість робочих місць;
- відношення кількості деталей до кількості робочих місць.

### 40. Тип виробництва визначають за:

- коефіцієнтом використання матеріалу;
- коефіцієнтом працемісткості операцій;
- коефіцієнтом закріплення операцій;
- коефіцієнтом завантаження обладнання.

41. Диференційований технологічний процес – це:

- технологічний процес розділений на прості операції, виконувани послідовно на одному верстаті;
- технологічний процес, на якому широко використовується високопродуктивне автоматизоване обладнання та складне технологічне оснащення;
- відрізок часу, що містить у собі тривалість повного оброблення заготовки, час її пролежування між операціями та час на контроль деталі до подачі її на склад;
- частина виробничого процесу, що супроводжується зміною форми, розмірів, властивостей матеріалу або напівфабрикату для одержання виробу відповідно до заданих технічних вимог.

42. Концентрація технологічного процесу – це:

- організація роботи, при якій паралельно виконується значна кількість переходів в одній операції;
- організація технологічного процесу, при якій послідовно виконуються всі операції;
- застосовування на окремих етапах складного виробництва при недостатньому оснащенні його спеціальним устаткуванням;
- використання високопродуктивного автоматизованого обладнання та складного технологічного оснащення.

43. Технологічність деталі визначається:

- витратами часу, енергії на її виготовлення та складання;
- працемісткістю та собівартістю виготовлення річної програми випуску;
- витратами енергії та матеріалів на її виготовлення та складання;
- ступенем наближення форми та розмірів заготовки до форми й розмірів готової деталі.

44. Види показників технологічності виробу:

- загальні, основні, проміжні;
- якісні, кількісні та допоміжні;
- прості, складні;
- уніфіковані, диференційовані, інтегральні.

45. До якісних показників відносяться:

- ступінь стандартизації, нормалізації та уніфікації вузлів і деталей виробу;
- простота конструкції виробу, простота його складання та регулювання, застосовувані при цьому матеріали, конструктивні форми деталей й способи одержання заготовок виробу;
- працемісткість та собівартість виготовлення, маса виробу, його вузлів і деталей;
- технічні норми часу, тривалість технологічного процесу.

46. До кількісних показників відносяться:

- працемісткість та собівартість виготовлення, маса виробу, його вузлів і деталей;
- ступінь стандартизації, нормалізації та уніфікації вузлів і деталей виробу;
- простота конструкції виробу, простота його складання та регулювання, застосовувані при цьому матеріали, конструктивні форми деталей й способи одержання заготовок виробу;
- технічні норми часу, тривалість технологічного процесу.

47. До допоміжних показників відносяться:

- працемісткість та собівартість виготовлення, маса виробу, його вузлів і деталей;
- простота конструкції виробу, простота його складання та регулювання, застосовувані при цьому матеріали, конструктивні форми деталей й способи одержання заготовок виробу;
- технічні норми часу, тривалість технологічного процесу;
- ступінь стандартизації, нормалізації та уніфікації вузлів і деталей виробу.

48. Коефіцієнт використання матеріалу – це:

- відношення кількості всіх робочих місць до кількості технологічних операцій, виконаних, або, що підлягають виконанню протягом місяця;
- відношення маси виробу до маси матеріалу, витраченого на його виготовлення;
- добуток кількості операцій і кількості деталей;
- відношення кількості деталей до кількості робочих місць.

49. Уніфікація складальних одиниць і деталей однакових за формою та розмірами – це:

- запровадження нових конструкторсько-технологічних заходів на даному підприємстві;
- базова працемісткість виготовлення виробу з використанням відомих технологій та оснащення;
- узагальнення конструктивних рішень без оформлення спеціального документу;
- узагальнення конструктивних рішень у вигляді внутрішньозаводських та відомчих нормалей.

50. Нормалізація – це:

- узагальнення конструктивних рішень без оформлення спеціального документу;
- запровадження нових конструкторсько-технологічних заходів на даному підприємстві;
- запровадження нових конструкторсько-технологічних заходів на даному підприємстві;
- узагальнення конструктивних рішень у вигляді внутрішньозаводських та відомчих нормалей.

51. Стандартизація – це:

- узагальнення конструктивних рішень, зафіксованих у державних стандартах;
- узагальнення конструктивних рішень без оформлення спеціального документу;
- узагальнення конструктивних рішень у вигляді внутрішньозаводських та відомчих нормалей;
- запровадження нових конструкторсько-технологічних заходів на даному підприємстві.

52. Коефіцієнт уніфікації – це:

- відношення кількості робочих місць до кількості технологічних операцій, виконаних, або, що підлягають виконанню протягом місяця;
- добуток кількості операцій на кількість деталей;
- відношення кількості уніфікованих деталей до загальної кількості деталей у конструкції виробу;
- відношення кількості деталей до кількості робочих місць.

53. Лиття – це:

- технологічний процес виготовлення заготовки шляхом заповнення спресованим металевим порошком ливарної форми;
- технологічний процес виготовлення вилівка, суть якого полягає в заповненні ливарної форми розплавленим матеріалом і подальшому обробленні отриманих після затвердіння виробів;
- технологічний процес виготовлення заготовки шляхом деформування розплавленого сплаву;
- технологічний процес виготовлення заготовки шляхом пресування розплавленого сплаву.

54. Виливок або відливка – це:

- виріб або заготовка, отримані технологічним методом спікання матеріалу;
- заготовка виробу або готовий виріб, отриманий при деформуванні розплавленого сплаву;
- заготовка виробу або готовий виріб, отриманий при заливанні рідкого матеріалу в ливарну форму, в якій він твердіє;
- виріб або заготовка, отримані технологічним методом видавлювання.

55. Оброблення тиском – це:

- одержання металевих виробів за допомогою прикладання зусиль стиску та розтягу;
- одержання металевих виробів за допомогою прикладання зусиль згину;
- одержання металевих виробів за допомогою їх механічного оброблення;
- одержання металевих виробів за допомогою видавлювання заготовок.

56. Штампування – це:

- процес оброблення плоских поверхонь заготовок інструментом;
- вид абразивного оброблення матеріалів;
- процес оброблення матеріалів тиском – пластичне деформування заготовки в штампах з витіканням металу, обмеженого розмірами штампувального простору;
- процес різання матеріалу з прямолінійним рухом.

57. Поковка – це:

- заготовка виробу або готовий виріб, отриманий при спіканні розплавленого сплаву;
- заготовка виробу або готовий виріб, отриманий при заливанні рідкого матеріалу в ливарну форму, в якій він твердіє;
- виріб або заготовка, отримані технологічним методом видавлювання;
- виріб або заготовка, отримані технологічним методом кування.

58. Прокатування – це:

- вид оброблення тиском, при якому заготовка обтискується двома валками, що обертаються;
- процес оброблення плоских поверхонь заготовок інструментом;
- процес різання матеріалу з прямолінійним рухом;
- пластичне деформування заготовки в штампах з витіканням металу, обмеженого розмірами штампувального простору.

59. Методи прокатування:

- гаряче, холодне;
- плоске, об'ємне;
- вільне, профільне, ударне;
- поздовжнє, поперечне і поперечно-гвинтове.

60. Взаємозамінність – це:

- властивість машини (складальної одиниці) безперервно зберігати справний і працездатний стан протягом експлуатації та транспортування;
- придатність об'єкту (машини, приладу, механізму, деталі тощо) до використання замість іншого без змінення для виконання однакових вимог при складанні, ремонті чи заміні;
- властивість машини (складальної одиниці) зберігати працездатність із необхідними перервами для технічного обслуговування й ремонту до граничного стану ;
- властивість машини зберігати працездатність при експлуатації протягом визначеного часу (наробітку) без вимушених перерв.

61. Допуск – це:

- різниця між діаметром валу і спряженого з ним отвору, якщо діаметр валу перевищує діаметр отвору;

- алгебрична сума між граничним і відповідним номінальним розмірами;
- алгебрична різниця між граничним і відповідним номінальним розмірами;
- різниця між найбільшим і найменшим граничними значеннями (розмірів, маси), задається на геометричні розміри деталей, механічні, фізичні і хімічні властивості.

62. Припуск – це:

- шар металу, надлишковий відносно розмірів майбутнього виробу, що його знімають із заготовки в процесі механічного оброблення;
- різниця між діаметром валу і спряженого з ним отвору, якщо діаметр валу перевищує діаметр отвору;
- алгебрична різниця між граничним і відповідним номінальним розмірами;
- щілина, отвір між двома прилягаючими поверхнями.

63. Посадка – це:

- з'єднання деталей, вставлених одна в одну;
- з'єднання деталей плоскими поверхнями;
- з'єднання спряжених деталей, який визначається зазором або натягом;
- щілина, отвір між двома прилягаючими поверхнями.

64. Граничні відхилення – це:

- різниця між діаметром валу і спряженого з ним отвору, якщо діаметр валу перевищує діаметр отвору;
- різниця між найбільшим і найменшим граничними значеннями (розмірів, маси), задається на геометричні розміри деталей, механічні, фізичні і хімічні властивості;
- алгебрична різниця між граничним і відповідним номінальним розмірами;
- алгебрична сума між граничним і відповідним номінальним розмірами.

65. Зазор – це:

- шар металу, надлишковий відносно розмірів майбутнього виробу, що його знімають із заготовки в процесі механічного оброблення;
- щілина, отвір між двома прилягаючими поверхнями;
- граничне значення геометричного розміру поверхні деталі;
- сукупність нерівностей поверхні з відносно малими кроками, розглядуваними у межах ділянки, довжина якої дорівнює базовій довжині.

66. Натяг – це:

- різниця між найбільшим і найменшим граничними значеннями (розмірів, маси), задається на геометричні розміри деталей, механічні, фізичні і хімічні властивості;
- алгебрична різниця між граничним і відповідним номінальним розмірами;



- різниця між діаметром валу і спряженого з ним отвору, якщо діаметр валу перевищує діаметр отвору;
- алгебрична сума між граничним і відповідним номінальним розмірами.

67. Точність поверхні – це:

- сукупність нерівностей поверхні з відносно малими кроками, розглядуваними у межах ділянки, довжина якої дорівнює базовій довжині;
- ступінь наближення дійсних значень геометричних і інших параметрів деталей і виробів до їх заданих значень;
- похибка виготовлення поверхонь деталі;
- ступінь наближення відносних значень геометричних і інших параметрів деталей і виробів до їх заданих значень.

68. Шорсткість – це:

- шар металу, надлишковий відносно розмірів майбутнього виробу, що його знімають із заготовки в процесі механічного оброблення;
- похибка виготовлення поверхонь деталі;
- сукупність нерівностей поверхні з відносно малими кроками, розглядуваними у межах ділянки, довжина якої дорівнює базовій довжині;
- товщина шару металу, надлишковий відносно розмірів майбутнього виробу, що його знімають із заготовки в процесі механічного оброблення.

69. Методи вимірювань:

- точні, приблизні;
- прямі, непрямі;
- абсолютні, відносні;
- залежні, незалежні.

70. Механічне оброблення – це:

- оброблення заготовок із різних матеріалів плазмовими методами;
- оброблення заготовок із різних матеріалів за допомогою фізичної дії різної природи з метою створення виробу за заданими розмірами або проміжної заготовки для подальших технологічних операцій;
- оброблення заготовок із різних матеріалів електролітичними методами;
- оброблення заготовок із різних матеріалів лазерними методами.

71. Свердління – це:

- технологічна операція, мета якої – отримання отворів різного діаметру і глибини за допомогою спеціального різального інструменту, що обертається;
- технологічна операція, при якій здійснюється обертальний рух інструменту і його прямолінійний рух подачі;
- технологічна операція, мета якої – отримання деталі з поверхнями тіл обертання, процес різання при точінні відбувається при обертальному русі заготовки або різця і подачі уподовж або упоперек осі обертання;
- технологічна операція оброблення поверхонь заготовок інструментом,

що має вигляд тіла обертання, різальними елементами якого є безліч твердих абразивних або алмазних зерен.

72. Точіння – це:

- технологічна операція, при якій здійснюється обертальний рух інструменту і його прямолінійний рух подачі;
- технологічна операція оброблення поверхонь заготовок інструментом, що має вигляд тіла обертання, різальними елементами якого є безліч твердих абразивних або алмазних зерен;
- технологічна операція, мета якої – отримання деталі з поверхнями тіл обертання, процес різання при точінні відбувається при обертальному русі заготовки або різця і подачі уповдовж або упоперек осі обертання;
- технологічна операція, мета якої – отримання отворів різного діаметру і глибини за допомогою спеціального різального інструменту, що обертається.

73. Фрезерування – це:

- технологічна операція, мета якої – отримання деталі з поверхнями тіл обертання, процес різання при точінні відбувається при обертальному русі заготовки або різця і подачі уповдовж або упоперек осі обертання;
- технологічна операція, при якій здійснюється обертальний рух інструменту і його прямолінійний рух подачі;
- технологічна операція, мета якої – отримання отворів різного діаметру і глибини за допомогою спеціального різального інструменту, що обертається;
- технологічна операція оброблення поверхонь заготовок інструментом, що має вигляд тіла обертання, різальними елементами якого є безліч твердих абразивних або алмазних зерен.

74. Шліфування – це:

- технологічна операція оброблення поверхонь заготовок інструментом, що має вигляд тіла обертання, різальними елементами якого є безліч твердих абразивних або алмазних зерен;
- технологічна операція, мета якої – отримання отворів різного діаметру і глибини за допомогою спеціального різального інструменту, що обертається;
- технологічна операція, при якій здійснюється обертальний рух інструменту і його прямолінійний рух подачі;
- технологічна операція, мета якої – отримання деталі з поверхнями тіл обертання, процес різання при точінні відбувається при обертальному русі заготовки або різця і подачі уповдовж або упоперек осі обертання.

75. Інструменти, які використовуються для оброблення тіл обертання та зовнішніх поверхонь корпусних деталей різної форми:

- різці, свердла, зенкери, розвертки, протяжки, абразивні інструменти;
- різці, різьбові гребінки, мітчики, плашки, різьбові фрези, гвинторізні головки, накатні й абразивні інструменти;
- різці, фрези, протяжки, абразивні інструменти;
- дискові, кінцеві та черв'ячні фрези, зуборізні довбачі, зубостругальні

різці, зуборізні головки, протяжки, абразивні шліфувальні круги.

76. Інструменти, які використовуються для оброблення отворів циліндричних, конічних, фасонних:

- різці, свердла, зенкери, розвертки, протяжки, абразивні інструменти;
- дискові, кінцеві та черв'ячні фрези, зуборізні довбачі, зубостругальні різці, зуборізні головки, протяжки, абразивні шліфувальні круги;
- різці, фрези, протяжки, абразивні інструменти;
- різці, різьбові гребінки, мітчики, плашки, різьбові фрези, гвинторізні головки, накатні й абразивні інструменти.

77. Інструменти, які використовуються для оброблення різей:

- різці, свердла, зенкери, розвертки, протяжки, абразивні інструменти;
- різці, фрези, протяжки, абразивні інструменти;
- різці, різьбові гребінки, мітчики, плашки, різьбові фрези, гвинторізні головки, накатні й абразивні інструменти;
- дискові, кінцеві та черв'ячні фрези, зуборізні довбачі, зубостругальні різці, зуборізні головки, протяжки, абразивні шліфувальні круги.

78. Інструменти, які використовуються для оброблення зубців зубчастих коліс, шліцьових та шпонкових пазів:

- різці, свердла, зенкери, розвертки, протяжки, абразивні інструменти;
- різці, фрези, протяжки, абразивні інструменти;
- різці, різьбові гребінки, мітчики, плашки, різьбові фрези, гвинторізні головки, накатні й абразивні інструменти;
- дискові, кінцеві та черв'ячні фрези, зуборізні довбачі, зубостругальні різці, зуборізні головки, протяжки, абразивні шліфувальні круги.

79. Верстат – це:

- автоматизований на базі обчислювальної техніки верстат, що виконує повторювані операції, у тому числі на конвеєрних виробничих лініях;
- стаціонарна машина для оброблення деталей і матеріалів з ручним керуванням;
- стаціонарна машина для оброблення нескладних деталей;
- багатоцільовий маніпуляційний робот, що складається з механічного маніпулятора і перепрограмованої системи керування, який застосовується для переміщення об'єктів в просторі трьох і більше координат та для виконання різноманітних виробничих процесів.

80. Верстат з ЧПК – це:

- стаціонарна машина для оброблення деталей і матеріалів з ручним керуванням;
- багатоцільовий маніпуляційний робот, що складається з механічного маніпулятора і перепрограмованої системи керування, який застосовується для переміщення об'єктів в просторі трьох і більше координат та для виконання різноманітних виробничих процесів;

- автоматизований на базі обчислювальної техніки верстат, що виконує повторювані операції, у тому числі на конвеєрних виробничих лініях;
- стаціонарна машина для оброблення нескладних деталей.

81. Промисловий робот – це:

- багатоцільовий маніпуляційний робот, що складається з механічного маніпулятора і перепрограмованої системи керування, який застосовується для переміщення об'єктів в просторі трьох і більше координат та для виконання різноманітних виробничих процесів;
- стаціонарна машина для оброблення нескладних деталей;
- автоматизований на базі обчислювальної техніки верстат, що виконує повторювані операції, у тому числі на конвеєрних виробничих лініях;
- стаціонарна машина для оброблення деталей і матеріалів з ручним керуванням.

82. Засіб вимірювань – це:

- спеціальний пристрій, призначений для спостереження за ходом виробничого процесу;
- технічний пристрій, за допомогою якого спрощується виробничий процес;
- технічний засіб, який використовується при вимірюваннях і має нормовані метрологічні характеристики;
- прилад, показання якого є неперервною функцією змін вимірюваної величини.

83. Маніпулятор – це:

- засіб вимірювань, в якому створюється візуальний сигнал вимірюваної інформації;
- прилад або пристосування для регулювання складних виробничих процесів, який під управлінням оператора виконує дії, аналогічні діям руки людини, або діє автоматично;
- спеціальний пристрій, призначений для управління, контролю, спостереження за ходом технологічного процесу;
- прилад для перетворення одного виду енергії в інший.

84. Гнучке автоматизоване виробництво – це:

- автоматизована виробнича система, в якій технологічне обладнання розташоване в прийнятній послідовності технологічних операцій;
- автоматизована виробнича система, в якій на основі відповідних технічних засобів і певних рішень забезпечується можливість оперативної переналадження на випуск нової продукції досить широких межах її номенклатури і параметрів;
- комплекс декількох гнучких виробничих модулів та системи забезпечення функціонування;
- сукупність взаємопов'язаних автоматизованих систем, які забезпечують керування технологічним процесом.

85. Гнучка автоматизована лінія – це:

- одиниця технологічного обладнання, що має автономне програмне керування та автоматично здійснює задані технологічні операції;
- комплекс декількох гнучких виробничих модулів та системи забезпечення функціонування;
- автоматизована виробнича система, в якій технологічне обладнання розташоване в прийнятній послідовності технологічних операцій;
- сукупність взаємопов'язаних автоматизованих систем, які забезпечують керування технологічним процесом.

86. Автомат – це:

- стаціонарна машина для оброблення нескладних деталей;
- пристрій (сукупність пристроїв), що виконує за заданою програмою безпосередньої участі людини всі операції в процесах отримання, перетворення, передавання і використання (розподілу) енергії, матеріалів або інформації;
- стаціонарна машина для оброблення деталей і матеріалів з ручним керуванням;
- багатоцільовий маніпуляційний робот, що складається з механічного маніпулятора і перепрограмованої системи керування.

87. Автоматизація виробництва – це:

- вищий рівень розвитку машинної техніки, коли регулювання й управління виробничими процесами здійснюються без участі людини, а лише під її контролем;
- рівень розвитку машинної техніки, коли регулювання й управління виробничими процесами здійснюються за участю людини;
- прогресивні зміни конструкцій машинної техніки відповідно до нових вимог;
- заміна ручних засобів праці машинами і механізмами з використанням для їх дії різних видів енергії в галузях матеріального виробництва або процесах трудової діяльності.

88. Механізація виробництва – це:

- прогресивні зміни конструкцій машинної техніки відповідно до нових вимог;
- вищий рівень розвитку машинної техніки, коли регулювання й управління виробничими процесами здійснюються без участі людини, а лише під її контролем;
- заміна ручних засобів праці машинами і механізмами з використанням для їх дії різних видів енергії в галузях матеріального виробництва або процесах трудової діяльності;
- рівень розвитку машинної техніки, коли регулювання й управління виробничими процесами здійснюються за участю людини.

89. Модернізація виробництва – це:

- заміна ручних засобів праці машинами і механізмами з використанням для їх дії різних видів енергії в галузях матеріального виробництва або процесах трудової діяльності;
- прогресивні зміни конструкцій машинної техніки відповідно до нових вимог;
- вищий рівень розвитку машинної техніки, коли регулювання й управління виробничими процесами здійснюються без участі людини, а лише під її контролем;
- рівень розвитку машинної техніки, коли регулювання й управління виробничими процесами здійснюються за участю людини.

90. Інтенсифікація виробництва – це:

- заміна ручних засобів праці машинами і механізмами з використанням для їх дії різних видів енергії в галузях матеріального виробництва або процесах трудової діяльності;
- прогресивні зміни конструкцій машинної техніки відповідно до нових вимог;
- процес суспільного виробництва, що ґрунтується на найбільш повному та раціональному використанні технічних, матеріальних, природних, фінансових і трудових ресурсів на базі науково-технічного прогресу;
- рівень розвитку машинної техніки, коли регулювання й управління виробничими процесами здійснюються за участю людини.

91. Цех – це:

- комплекс спеціалізованих підрозділів, які мають самостійну структуру управління;
- організаційно відособлений підрозділ підприємства, який складається з низки виробничих і допоміжних дільниць та обслуговуючих ланок;
- ланка у виробничій структурі промислового підприємства, призначена для виконання технологічно або предметно однорідних робіт; сукупність робочих місць на єдиній території;
- комплекс спеціалізованих дільниць, які підпорядковуються апарату управління підприємства.

92. Виробнича дільниця – це:

- організаційно відособлений підрозділ підприємства, який складається з низки виробничих і допоміжних дільниць та обслуговуючих ланок;
- комплекс спеціалізованих підрозділів, які мають самостійну структуру управління;
- комплекс спеціалізованих дільниць, які підпорядковуються апарату управління підприємства;
- ланка у виробничій структурі промислового підприємства, призначена для виконання технологічно або предметно однорідних робіт; сукупність робочих місць на єдиній території.

93. Виробнича одиниця – це:

- комплекс спеціалізованих підрозділів, які мають самостійну структуру управління;
- комплекс спеціалізованих дільниць, які підпорядковуються апарату управління підприємства;
- організаційно відособлений підрозділ підприємства, який складається з низки виробничих і допоміжних дільниць та обслуговуючих ланок;
- ланка у виробничій структурі промислового підприємства, призначена для виконання технологічно або предметно однорідних робіт; сукупність робочих місць на єдиній території.

94. Система автоматизованого проектування – це:

- складна багаторівнева ієрархічна система, що перетворює вихідні напівфабрикати сировини або матеріалів у кінцевий продукт, що відповідає суспільному замовленню;
- сукупність методів, виробничих процесів і програмно-технічних засобів, інтегрованих з метою збирання, опрацювання, зберігання та розповсюдження;
- система виробничого і оперативного управління;
- автоматизована система, призначена для автоматизації технологічного процесу проектування виробу.

95. Математичне моделювання – це:

- вивчення реального об'єкту, процесу або системи шляхом їх заміни експериментальною моделлю;
- вивчення реального об'єкту, процесу або системи шляхом їх заміни математичної моделлю, більш зручною для експериментального дослідження за допомогою ЕОМ;
- вивчення реального об'єкту, процесу або системи шляхом їх заміни фізичною моделлю;
- процес вибору найкращого способу розв'язання задачі з можливих варіантів, а також процес приведення системи в найкращий стан.

96. Інформаційна технологія – це:

- сукупність методів, виробничих процесів і програмно-технічних засобів, інтегрованих з метою збирання, опрацювання, зберігання та розповсюдження;
- сукупність інформаційних методів, виробничих процесів для проведення випробувань спроектованих об'єктів;
- сукупність інформаційних методів, виробничих процесів для апаратного забезпечення автоматизованих робочих місць;
- сукупність інформаційних методів, виробничих процесів для проектування технологічних процесів.

97. Оптимізація – це:

- процес дослідження сукупності методів, виробничих процесів і програмно-технічних засобів, інтегрованих з метою збирання, опрацювання,

зберігання та розповсюдження;

- вивчення реального об'єкту, процесу або системи шляхом їх заміни математичної моделлю, більш зручною для експериментального дослідження за допомогою ЕОМ;

- процес вибору найкращого способу розв'язання задачі з можливих варіантів, а також процес приведення системи в найкращий стан;

- процес дослідження сукупності інформаційних методів, виробничих процесів для проектування технологічних процесів.

98. Техніка безпеки – це:

- система графічних і текстових документів, необхідних і достатніх для безпосереднього використання небезпечних виробничих чинників;

- система організаційних і технічних засобів, які запобігають дії на працівників небезпечних виробничих чинників;

- перевірка відповідності об'єкту (продукції або процесу, від якого залежить її якість) встановленим безпечним нормам;

- сукупність конструкторських документів, які повинні вміщувати кінцеві технічні рішення, що дають повне уявлення про безпечність продукції.

99. Автоматизоване робоче місце

- елементарна одиниця виробничої структури, що містить частину простору виробничого підрозділу, яка потрібна для здійснення трудової операції;

- індивідуальний комплекс технічних і програмних засобів, що призначений для автоматизації професійної праці фахівця і забезпечує підготовку, редагування, пошук і видачу на екран і друк необхідних документів і даних;

- закріплена за окремим працівником просторова зона, оснащена простими засобами праці, необхідними для виконання певної роботи;

- елементарна одиниця виробничої структури, що оснащена матеріально-технічними засобами, які використовуються у процесі праці.

100. Застосування САПР-технологій в машинобудуванні дозволяє:

- здійснювати моделювання реально існуючих об'єктів;

- здійснювати забезпечення інформаційної підтримки на всіх стадіях життєвого циклу продукції;

- здійснювати комплексний аналіз виробничо-збутової діяльності підприємства;

- скоротити час на виконання проекту і випуск виробів, зменшити можливі помилки, підвищити якість конструкторської документації.