

І. В. Севостьянов

ВСТУП ДО ФАХУ



Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

І. В. Севостьянов

ВСТУП ДО ФАХУ

Навчальний посібник

Вінниця
ВНТУ
2016

УДК 62 (075)
ББК 30я73
С28

Рекомендовано до друку Вченою радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України (протокол № 3 від 30.10.2014 р.)

Рецензенти:

І. П. Паламарчук, доктор технічних наук, професор

В. А. Огородніков, доктор технічних наук, професор

І. О. Сивак, доктор технічних наук, професор

Севостьянов, І. В.

С28 Вступ до фаху : навчальний посібник / Севостьянов І. В. – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 107 с.

У посібнику наведені деякі основні знання за спеціальністю 133 – «Галузеве машинобудування», що необхідні здобувачам вищої освіти для початкового ознайомлення з їхнього майбутньою спеціальністю. Зокрема, у посібнику розглядаються особливості професії інженера-механіка сучасного автоматизованого виробництва, деякі основні поняття, пов'язані з машинобудуванням, історія розвитку галузі та науки, що забезпечує її розвиток, способи одержання заготовок деталей машин та види їхньої обробки на верстатах, основи теорії різання та нормування точності у машинобудуванні, класифікації обладнання та інструменту, основні питання технології, безпеки життєдіяльності та екології.

УДК 62 (075)
ББК 30я73

© І. Севостьянов, 2016

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1 ОСОБЛИВОСТІ ПРОФЕСІЇ ІНЖЕНЕРА-МЕХАНІКА.....	5
Контрольні запитання.....	7
2 ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНІЧНА ОСВІТА В УКРАЇНІ.....	8
2.1 Освітньо-кваліфікаційні рівні вищої освіти в Україні.....	8
2.2 Навчальний план підготовки інженерів-механіків.....	9
2.3 Про творче оволодіння знаннями.....	12
Контрольні запитання.....	14
3 МАШИНОБУДУВАННЯ – ДВИГУН ПРОГРЕСУ.....	15
3.1 Короткий нарис розвитку машинобудування.....	15
3.2 Розвиток науки в галузі машинобудування.....	20
3.3 Шляхи сучасного розвитку техніки і технології машинобудування..	22
3.4 Основні поняття, пов'язані із машинобудуванням.....	24
3.5 Виробнича структура машинобудівного підприємства.....	28
Контрольні запитання.....	31
4 СПОСОБИ ВИРОБНИЦТВА ЗАГОТІВОК ДЕТАЛЕЙ МАШИН.....	33
4.1 Одержання литих заготівок.....	33
4.2 Одержання заготівок обробкою тиском.....	35
4.3 Виробництво заготівок з порошкових матеріалів.....	38
4.4 Одержання заготівок з прокату.....	38
Контрольні запитання.....	39
5 НОРМУВАННЯ ТОЧНОСТІ В МАШИНОБУДУВАННІ.....	40
5.1 Граничні відхилення та допуски розміру.....	40
5.2 Посадки та ступені точності.....	40
5.3 Точність форми поверхні.....	43
5.4 Точність розташування поверхонь.....	43
5.5 Шорсткість поверхонь.....	43
5.6 Вимірювання та засоби для вимірювання.....	45
Контрольні запитання.....	50
6 ОБРОБКА РІЗАННЯМ ТА РІЗАЛЬНІ ІНСТРУМЕНТИ.....	51
6.1 Загальні відомості про різання.....	51
6.2 Інструментальні матеріали.....	52
6.3 Металорізальний інструмент.....	54
Контрольні запитання.....	65
7 МЕТАЛОРІЗАЛЬНІ ВЕРСТАТИ.....	66
Контрольні запитання.....	78
8 ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЇ МАШИНОБУДУВАННЯ.....	79
Контрольні запитання.....	92
9 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ЕКОЛОГІЯ.....	93
Контрольні запитання.....	96
ГЛОСАРІЙ.....	97
ЛІТЕРАТУРА.....	105

ВСТУП

Машинобудування є зараз однією з основних й найважливіших комплексних галузей, що забезпечує інші галузі машинами та пристроями, а населення – предметами споживання. Функціонування та подальший розвиток машинобудування значною мірою забезпечують інженери-механіки, що працюють у різних підрозділах машинобудівних підприємств, здійснюють експлуатацію обладнання, інструменту, систем керування, займаються розробками нової техніки й більш досконалих технологій.

Даний навчальний посібник орієнтований на здобувачів вищої освіти спеціальності 133 – «Галузеве машинобудування» та призначений для їхнього попереднього ознайомлення з основами майбутньої спеціальності. Зокрема, у першому розділі посібника наведений перелік посад з кваліфікаційного довідника працівників України, на яких може працювати інженер-механік, вказані основні об'єкти й види професійної діяльності даних спеціалістів. У другому розділі розглядаються організаційні основи інженерно-технічної освіти в Україні, в тому числі відповідні освітньо-кваліфікаційні рівні, а також структура навчального плану підготовки інженерів-механіків в нашій державі. Третій розділ присвячений історії та сучасності машинобудування, а також пов'язаної з ним науки. Крім цього, у розділі розглядаються основні поняття, що використовуються у галузі. Зокрема, дається характеристика різних видів виробів та їхньої технологічності, типів виробництва, структури виробничих процесів й машинобудівного підприємства. У четвертому розділі наведена інформація про основні способи одержання заготовок деталей – лиття, обробки тиском, порошкової металургії, різання з прокату. П'ятий розділ містить основні дані про параметри точності виробів (лінійних розмірів, шорсткості, точності форми та взаємного розташування поверхонь виробів), а також про методи їхньої перевірки. У наступному розділі подані основи теорії різання та класифікації металорізальних інструментів; розглядаються деякі основні схеми застосування інструментів. Сьомий розділ містить класифікації металорізальних верстатів за технологічним методом обробки на них деталей, за видом застосовуваного різального інструменту, за ступенями концентрації й автоматизації операцій, за рівнем спеціалізації. Також у розділі розглядається сучасне високоефективне автоматизоване обладнання – автоматичні лінії, гнучкі виробничі системи та модулі, мехатронні верстати; дається поняття про електрофізичні та електрохімічні методи обробки. У восьмому розділі наведені основи технології машинобудування, в тому числі її сучасні напрямки, послідовність розробки технологічних процесів, структура технічної норми часу та класифікація технологічних методів розмірної обробки деталей з їхньою короткою характеристикою. Останній дев'ятий розділ містить дані про основи безпеки життєдіяльності та екології на машинобудівному виробництві.

1 ОСОБЛИВОСТІ ПРОФЕСІЇ ІНЖЕНЕРА-МЕХАНІКА

Підготовка дипломованого інженера-механіка в Україні здійснюється за спеціальностями «Галузеве машинобудування» та «Прикладна механіка».

Нормативний термін освоєння основної освітньої програми освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр» при очній формі навчання становить 4 роки, освітньо-кваліфікаційного рівня «магістр» – 6 років.

Інженер, підготовлений за вказаними спеціальностями відповідно до вимог «Кваліфікаційного довідника посад працівників України» [1] може обіймати безпосередньо після закінчення вузу такі посади: інженер, інженер з автоматизованих систем керування виробництвом, інженер з інструменту, інженер з комплектації обладнання, інженер з метрології, інженер з механізації та автоматизації виробничих процесів, інженер з налагодження й випробувань, інженер з науково-технічної інформації, інженер з нормування праці, інженер з організації праці, інженер з організації та нормування праці.

Інженер-механік може працювати в галузях науки та техніки, що містять сукупність засобів, прийомів, способів й методів людської діяльності, спрямованих на конструкторсько-технологічне забезпечення конкурентноздатної продукції машинобудування, зокрема на:

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

Об'єктами професійної діяльності інженера є [2]:

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

Інженер-механік підготовлений до розв'язання широкого кола задач за кількома видами професійної діяльності [2]:

1) проектно-конструкторська діяльність:

- формулювання мети та задач проекту, при заданих критеріях, цільових функціях, обмеженнях, побудова структури їхніх взаємозв'язків, виявлення пріоритетів розв'язання задач з урахуванням моральних аспектів діяльності;

- розробка узагальнених варіантів розв'язання проблем, аналіз варіантів та вибір оптимального розв'язку, прогнозування наслідків, прийняття компромісних розв'язків за багатьма критеріями та в умовах невизначеності, планування реалізації проектів;

- розробка проектів виробів з урахуванням механічних, технологічних, конструкторських, експлуатаційних, естетичних, економічних та управлінських параметрів;

- використання інформаційних технологій при проектуванні виробів;

2) виробничо-технологічна діяльність:

- розробка та впровадження оптимальних технологій виготовлення виробів;

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

- ефективне використання матеріалів, обладнання, інструментів, технологічного оснащення, засобів автоматизації, алгоритмів та програм вибору й розрахунків параметрів технологічних процесів;

- вибір матеріалів, обладнання та інших засобів технологічного оснащення й автоматизації для реалізації виробничих процесів;

- використання інформаційних технологій під час виготовлення виробів;

- розробка програм та методик випробовувань, засобів технологічного оснащення, автоматизації й керування;

- метрологічна перевірка основних засобів вимірювань показників якості продукції, що випускається;

- стандартизація та сертифікація технологічних процесів, засобів технологічного оснащення й автоматизації продукції, що випускається;

3) організаційно-управлінська діяльність:

- організація процесу розробки та виготовлення виробів, засобів технологічного оснащення й автоматизації технологічних процесів;

- організація роботи колективу виконавців, прийняття управлінських рішень з врахуванням різних думок;

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

- знаходження компромісу між різними вимогами (вартості, якості, безпеки та термінів виконання) як при довгостроковому, так і при короткостроковому плануванні з прийняттям оптимальних управлінських рішень;

- оцінювання виробничих та невиробничих витрат на забезпечення необхідної якості продукції;
- навчання персоналу в рамках прийнятої організації процесу розробки та (або) виробництва виробів;
- 4) науково-дослідна діяльність:
 - діагностування стану динаміки об'єктів діяльності (технологічних процесів, обладнання, засобів технологічного оснащення, автоматизації та керування) з використанням необхідних методів і засобів аналізу;
 - створення математичних і фізичних моделей процесів та систем, засобів автоматизації й керування;
 - планування експерименту та використання методик математичної обробки результатів;
 - використання інформаційних технологій та технічних засобів під час розробки нових технологій і виробів машинобудування;
- 5) експлуатаційна діяльність:
 - налаштування та регламентне експлуатаційне обслуговування обладнання, засобів технологічного оснащення, автоматизації й керування;
 - вибір методів та засобів вимірювання експлуатаційних характеристик виробів, засобів технологічного оснащення, автоматизації і керування, аналіз експлуатаційних характеристик.

Контрольні запитання

1. Які посади може обіймати фахівець з кваліфікацією «інженер-механік»?
2. Що може бути об'єктом професійної діяльності інженера-механіка?
3. Назвіть основні види професійної діяльності інженера-механіка.
4. Які проектно-конструкторські завдання може розв'язувати інженер-механік?
5. Які виробничо-технологічні завдання може розв'язувати інженер-механік?
6. Які науково-дослідні завдання може розв'язувати інженер-механік?
7. Які завдання з експлуатації машин та оснащення може розв'язувати інженер-механік?
8. Які організаційно-управлінські завдання може розв'язувати інженер-механік?

2 ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНІЧНА ОСВІТА В УКРАЇНІ

2.1 Освітньо-кваліфікаційні рівні вищої освіти в Україні

У вищих навчальних закладах України вища освіта громадянами України та іноземними громадянами здобувається за освітньо-кваліфікаційними рівнями молодшого спеціаліста, бакалавра, спеціаліста та магістра [3].

Освітньо-кваліфікаційний рівень молодшого спеціаліста здобувається у вищих навчальних закладах I–II рівнів акредитації: училищах, технікумах, коледжах; бакалавра, спеціаліста та магістра – у вищих навчальних закладах III–IV рівнів акредитації: університетах, академіях та інститутах.

До структури вищої освіти входять освітні (неповна вища освіта, база вища освіта, повна вища освіта) та освітньо-кваліфікаційні рівні (молодший спеціаліст, бакалавр, спеціаліст, магістр) [3].

Молодший спеціаліст. Нормативний термін навчання за програмою підготовки молодшого спеціаліста на базі повної загальної середньої освіти становить 2–3 роки, на базі базової загальної середньої освіти з одночасним здобуттям повної загальної середньої освіти – 3–4 роки. Випускники, що успішно пройшли державну атестацію, отримують *Диплом молодшого спеціаліста*, який надає право на здійснення професійної діяльності та право вступу на програму підготовки бакалавра.

Бакалавр. Підготовка бакалаврів здійснюється на базі повної загальної середньої освіти. Нормативний термін навчання зазвичай становить 3–4 роки і зменшується на один-два роки у випадку навчання на базі освітньо-кваліфікаційного рівня молодшого спеціаліста за відповідною спеціальністю. Випускники, що успішно пройшли державну атестацію отримують *Диплом бакалавра*, який надає право на здійснення професійної діяльності та право вступу на програму підготовки спеціаліста або магістра.

Спеціаліст. Нормативний термін навчання за програмою підготовки спеціаліста становить 1–1,5 роки на базі кваліфікації бакалавра; для спеціаліста медичного, ветеринарно-медичного напрямів – 5–6 років на базі повної загальної середньої освіти. Випускники, що успішно пройшли державну атестацію, отримують *Диплом спеціаліста*, який надає право на здійснення професійної діяльності та право вступу до магістратури або аспірантури.

Магістр. Кваліфікація магістра здобувається на базі кваліфікації бакалавра або спеціаліста. Нормативний період підготовки магістра, зазвичай, становить 1–2 роки. Випускники проходять державну атестацію, що передбачає публічний захист магістерської роботи. Особи, що успішно пройшли державну атестацію, отримують *Диплом магістра*, який надає право на здійснення професійної діяльності та право вступу до аспірантури.

2.2 Навчальний план підготовки інженерів-механіків

Навчальний план вузу – затверджений Міністерством освіти і науки України документ, в якому встановлюють перелік курсів, що підлягають вивченню із зазначенням обсягу часу в годинах, що відводиться на лекції, лабораторні та практичні заняття, розрахунково-графічні і курсові роботи.

Лекція є однією з основних форм освіти та виховання. На лекціях систематично викладаються основні розділи дисциплін, розглядаються методи розв'язання типових та творчих інженерних задач, дається науковий аналіз досліджуваним явищам, процесам, конструкціям [4, 5].

Лабораторні заняття дозволяють поглиблювати та закріплювати теоретичні знання, одержувані здобувачами вищої освіти на лекціях, експериментально перевіряти науково-теоретичні положення, знайомитися з обладнанням, приладами, матеріалами, вивчати на практиці методи наукових досліджень. У зв'язку із розвитком науки та ускладненням техніки експерименту значення лабораторних занять зростає [4, 5].

Навчальні плани з багатьох дисциплін передбачають семінари, практичні заняття, розрахунково-графічні роботи, що пов'язані з лекціями.

Практичні заняття розвивають у здобувачів вищої освіти навички систематичної самостійної роботи над навчальним матеріалом, вміння застосовувати теоретичні знання для розв'язання практичних завдань [4, 5].

Поряд з курсами, які вивчаються у вузі, навчальний план передбачає практику здобувачів вищої освіти на промислових підприємствах, що зближує їх з обраною спеціальністю, визначає місце майбутньої роботи, сприяє закріпленню отриманих знань шляхом розв'язання практичних виробничих задач, забезпечує практичне вивчення технологічних процесів, ознайомлення з конструкціями й умовами експлуатації верстатів та інструментів. Під час виробничої практики на молодших курсах здійснюється загальне ознайомлення з підприємством та обладнанням безпосередньо в цехах. На старших курсах проходить практика за фахом, пов'язана з вивченням виробничого процесу, обладнання, економіки та організації виробництва. На останніх курсах відбувається практика за темою бакалаврської дипломної роботи (БДР), дипломного проекту (ДП) або магістерської кваліфікаційної роботи (МКР), під час якої здобувачі вищої освіти опановують навички роботи інженера на підприємстві або в науково-дослідному інституті й добирають матеріал для БДР, ДП або МКР [4, 5]. Виконання та захист останніх є остаточною перевіркою знань та навичок, отриманих здобувачем вищої освіти.

Формами кінцевого обліку знань здобувачів вищої освіти є іспит та залік. Навчальні плани визначають дисципліни, з яких проводять іспити та заліки, а також терміни проведення екзаменаційних сесій.

Навчальний план підготовки інженерів-механіків передбачає вивчення фундаментальних (математики, фізики, хімії), суспільних, гуманітарних, загальноінженерних та спеціальних дисциплін [4, 5].

Математика відіграє винятково важливу роль у практичній діяльності інженера. Немає жодної галузі промисловості, що не користувалася би 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 [4, 5].

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 [4, 5].

Використання нових матеріалів, зокрема композиційних, успішне здійснення сучасного машинобудівного виробництва неможливі без глибоких знань з хімії, що 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 обробки, хіміко-термічної обробки поверхонь деталей машин тощо. Одним з 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 обробки (магнітно-імпульсної, електронно-променевої, електроерозійної), що показують, як такі зв'язки дозволили створити нові методи обробки або сприяли вибору більш оптимального розв'язку тієї або іншої технологічної проблеми [4, 5].

До суспільних і гуманітарних наук у технічному вузі відносять філософію, вітчизняну історію, соціологію, культурологію, 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 [4, 5].

Цикл загальноінженерних дисциплін охоплює теоретичну механіку, опір матеріалів, деталі машин та основи конструювання, матеріалознавство, метрологію, стандартизацію й сертифікацію, гідравліку, електротехніку та електроніку, основи технології машинобудування тощо [4, 5].

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 «Теорети-

чна механіка», «Опір матеріалів». Завершує цикл загальноінженерних дисциплін курс «Деталі машин», у якому висвітлюються методи розрахунку деталей, виходячи з заданих умов їхньої 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 курсів, що читаються всім здобувачам вищої освіти машинобудівних вузів, є курс «Взаємозамінність, стандартизація і 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 та гідропневмоприводи». 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 [4, 5]. До загальноінженерних курсів відносять також «Технологію конструкційних матеріалів» – комплексну дисципліну, що містить сукупність знань про способи одержання машинобудівних матеріалів та засоби їхньої фізико-хімічної обробки 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, обробку металів тиском, газове зварювання і різання, обробку різанням, а також про властивості й обробку неметалевих матеріалів. Курс «Технологія конструкційних матеріалів» створює технологічні підстави для виконання здобувачами вищої освіти проекту з дисципліни «Деталі машин» і базу для засвоєння спеціальних дисциплін.

Спеціальні дисципліни читають тільки здобувачам певної спеціальності. В даних дисциплінах вивчаються основи теорії, розрахунку, конструювання й експлуатації машин конкретного призначення, а також відповідні технологічні процеси, їхня теорія, розрахунки, машинна реалізація тощо. За фахом «Галузеве машинобудування» спеціальними дисциплінами є: теорія різання, різальний інструмент, проектування технологічного устаткування та верстатів, обладнання автоматизованого виробництва та автоматичні лінії, експлуатація та обслуговування машин, приводи автоматизованого устаткування, економіка машинобудівного виробництва. Спеціальні дисципліни мають тісний зв'язок з фундаментальними та загальноінженерними курсами, що висвітлюють на високому теоретичному рівні наукові основи технології машинобудування, загальні принципи проектування верстатів, інструментів та їхньої експлуатації. Мова інженера, значною мірою, є мовою креслення. Батько вітчизняної авіації професор Н. Е. Жуковський говорив, що не можна бути гарним інженером, не вмію-

чи 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 [4, 5].

Велику роль у розвитку навичок проектування, самостійної творчої роботи здобувачів вищої освіти відіграє курсове та дипломне проектування. Проект складається з графічної частини та розрахунково-пояснювальної записки. Проектування сприяє закріпленню, поглибленню, узагальненню знань, отриманих здобувачами за час навчання і застосуванню цих знань для розв'язання конкретних інженерних задач. Навчальними планами передбачено виконання 8–9 проектів та робіт. В останній рік навчання здобувачі виконують бакалаврську дипломну роботу (БДР), дипломний проект (ДП) або магістерську кваліфікаційну роботу (МКР). Після їхнього захисту Державна екзаменаційна комісія вирішує питання про присвоєння здобувачеві кваліфікації інженера. Для виконання БДР, ДП та МКР необхідно опанувати основи просторової уяви, конструювання та розрахунку деталей, а також принципи їхнього з'єднання в машинах і механізмах. Потрібні знання з технології, металорізальних верстатів та інструментів, економіки й організації виробництва, навички збирання інформації та її використання при розв'язанні інженерних задач. Все це здобувачі вищої освіти опановують під час вивчення відповідних дисциплін та на практиці протягом усього навчання у вузі. У роботі над БДР, ДП та МКР здобувач повинен самостійно вирішувати інженерні задачі і проявляти свої творчі здібності. Досвід показує, що найчастіше оригінальні проекти та роботи виконують здобувачі, в яких в результаті глибокого оволодіння знаннями в обраній галузі з'являються власні ідеї створення нових конструкцій або розробки нових технологічних процесів. Реальне проектування одержало великий розвиток в останні роки. Теми таких проектів та робіт можуть висуватись випусковою кафедрою та відповідати її науковій тематиці, а також виникати під час перебування здобувачів на практиці на заводі, в процесі роботи в конструкторському або технологічному бюро. Особливо корисними виявляються БДР, ДП та МКР з розробки нових перспективних машин та технологічних процесів, що на багато років визначають напрямок майбутньої виробничої діяльності випускника вузу. В наш час реальні проекти та роботи становлять значну частину від їхньої загальної кількості [4, 5].

2.3 Про творче оволодіння знаннями

Швидкий розвиток нових наукових напрямків, глибоке проникнення науки у виробництво, створення нових галузей промисловості, безперервне удосконалювання технології виробництва й обладнання істотно змінюють

характер інженерної діяльності – праця інженера стає творчою. Навички творчої роботи необхідно придбати в процесі навчання у вузі. 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, їхні докази, найважливіші факти та приклади, що наводяться для обґрунтування положень, висновки, формули [4].

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 [4, 5].

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 [6].

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 самостійно 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 [6, 7].

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 розробки 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, що зв'язують фактори досліджуваного явища, тобто розробляється гіпотеза або керівна ідея. Гіпотеза повинна відповідати усім вихідним фактам для її розробки 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 [6, 7].

Досить істотною частиною дослідження є обробка результатів експериментів та їхній аналіз. На першому етапі обробки експериментальних даних у багатьох випадках обмежуються визначенням якісної залежності, без установлення точних співвідношень у вигляді математичних рівнянь. Для цього використовується графічний метод обробки результатів експериментів, що полягає в побудові за дослідними даними графіків залежностей між досліджуваними величинами. Вивчення характеру отриманих кривих є першим етапом обробки даних. Далі знаходять математичні рівняння зв'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 [6, 7].

Дослідження з технічних наук, як правило повинні призводити до результатів, що 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.

Контрольні запитання

1. Розкажіть про освітньо-кваліфікаційні рівні вищої освіти в Україні.
2. Які види занять охоплює навчальний план підготовки інженерів-механіків? Розкажіть про призначення занять кожного виду.
3. Які групи дисциплін вивчаються здобувачами вищої освіти за спеціальністю «Галузеве машинобудування»?
4. Які основні фундаментальні дисципліни вивчають майбутні інженери-механіки? Як на практиці використовують положення цих дисциплін?
5. Назвіть основні загальноінженерні дисципліни, що вивчаються за спеціальністю «Галузеве машинобудування», розкажіть про їх практичне застосування.
6. Розкажіть про практичне використання інженерами-механіками положень спеціальних дисциплін та про основні практичні навички, якими вони мають володіти.
7. Розкажіть про творче оволодіння знаннями та наукові дослідження під час навчання у вузі.

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 [5].

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).

Першими знаряддями обробки, створеними людиною, що з'явилися в епоху неоліту, були кам'яне рубало та загострений довгастий камінь, закріплені 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 заготівках 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).

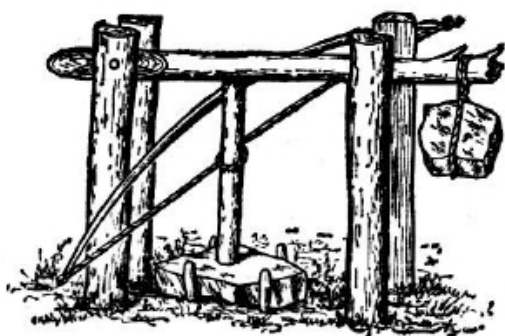


Рисунок 3.1 – Свердлильний верстат епохи неоліту

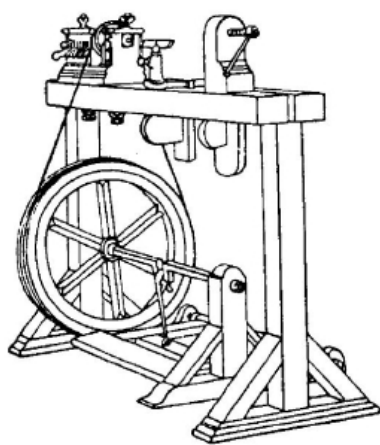


Рисунок 3.2 – Токарний верстат з кривошипним приводом та маховиком

За кілька тисяч років з'явилися токарні верстати з лучковим приводом обертання заготівки [8]. Їхнім істотним недоліком було те, що заготівка оберталася то за годинниковою, то проти годинникової стрілки. У XVII ст. були створені токарні верстати, що забезпечували безперервне обертання заготівки. Вони мали металеву станину, кривошипний ножний привод, маховик – шків з пасовою передачею, центри для установа заготівки і притискну планку для різця (рисунок 3.2).

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 обробки 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 обробки. Такий пристрій одержав назву супорт. Одним з винахідників супорта був росіянин А. К. Нартов. У 1729 р. ним був побудований токарно-копіювальний 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 знаряддя ручної праці у механізоване знаряддя. Його затискали в супорті, що відтворював робочі рухи, які раніше виконувалися вручну (рисунок 3.3) [8].

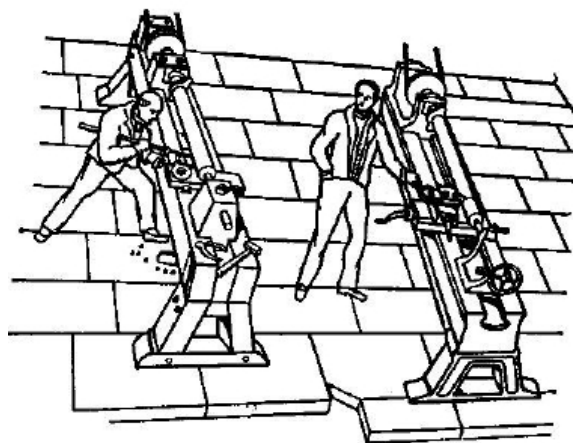


Рисунок 3.3 – Робота на токарному верстаті без супорта і з супортом (рекламний рисунок кінця XVII ст.)

Впровадження верстатів і машинних інструментів дозволило вивести потужність знарядь 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 [5].

Робочими машинами є не тільки металорізальні верстати, але і ткацькі верстати, швейні машини, ковальсько-пресове обладнання, прокатні стани тощо. Однак металорізальні

верстати займають серед них особливе місце, тому що з їхньою допомогою створюють інші машини, в тому числі й самі верстати. В результаті потреб виробництва у різних деталях для машин, номенклатура яких розширюється, металорізальні верстати безупинно змінюють й удосконалюють [9].

Верстати, в приводі яких використовувалась мускульна енергія людини, не дозволяли змінювати частоту обертання оброблюваної заготівки. Винахід парової машини привів до можливості застосування у верстаті такого механізму, як коробка швидкостей, що спочатку мала вигляд багатосхідчастого шківів, встановленого на шпинделі верстата. При цьому використовували груповий привод від парової машини через трансмісійний вал і контрприводи (рисунок 3.4) [5].

У XIX ст. були зроблені важливі винаходи, що привели до створення електричних двигунів змінного струму і їхнього використання як приводу верстата. Спочатку електродвигун лише заміняв парову машину в трансмісії, а принцип групового приводу був збережений (рисунок 3.5, а) [10].

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

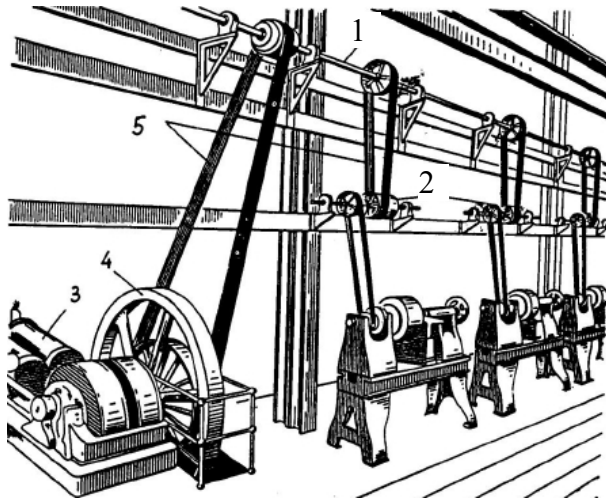


Рисунок 3.4 – Схема роботи групового привода: 1 – вал; 2 – контрприводи; 3 – парова машина; 4 – маховик; 5 – паси

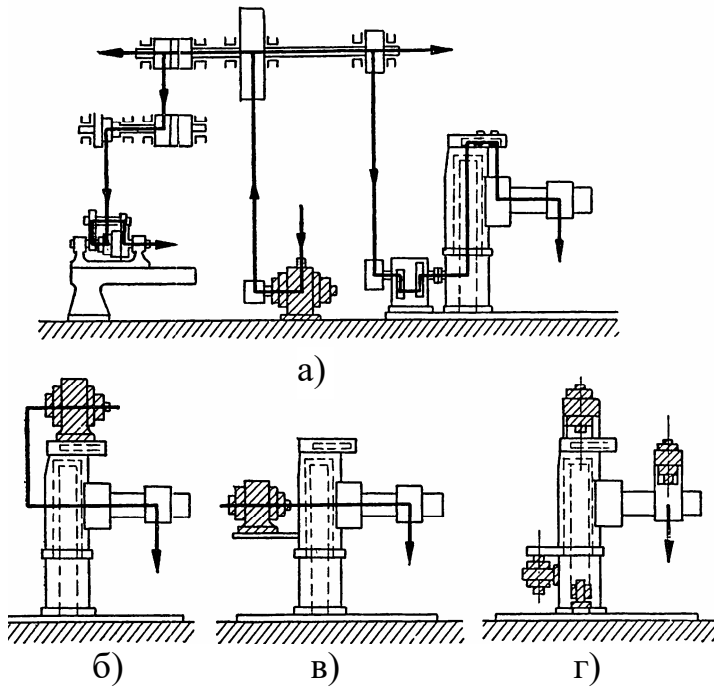


Рисунок 3.5 – Схема розвитку електричного привода радіально-свердлильного верстата

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 ко-

вузлів трансмісійного вала доводилось його зупиняти для ремонту, отже, зупиняти й всі верстати. З цих причин груповий привод поступово був витиснений індивідуальним централізованим, при використанні якого електродвигун працює тільки на один верстат (рисунок 3.5, б, в). Ще пізніше відбулось розчленування індивідуального привода на багатомоторний (рисунок 3.5, г). У подібному пристрої окремі вузли верстата мають свій індивідуальний привод [5].

Застосування у верстатах компактних та потужних електродвигунів дозволило розширити діапазон частот обертання оброблюваної заготовки або інструмента, збільшити кількість подач. Були створені коробки швидкостей і подач з 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 з числовим програмним керуванням (ЧПК). На рисунку 3.6 показана коробка швидкостей токарного верстата, під час обробки на якому заготовку затискають у

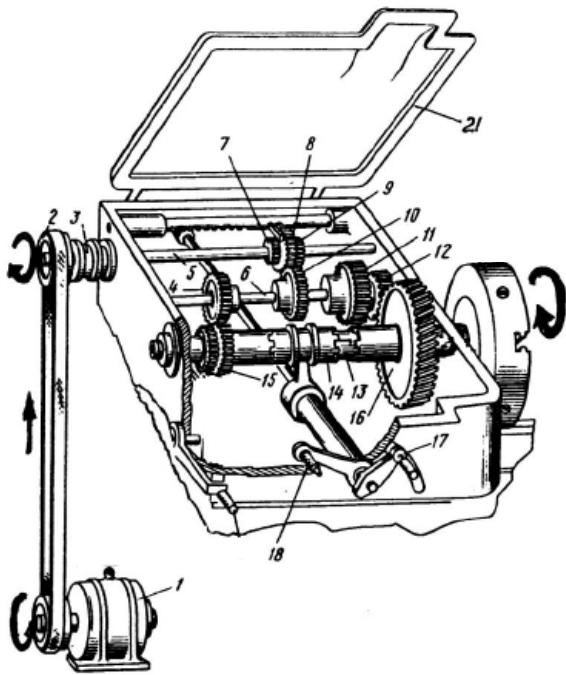


Рисунок 3.6 – Коробка швидкостей токарного верстата

лесо 15. Таким чином, коробка швидкостей забезпечує шість ступенів частоти обертання шпинделя [5].

Електричні приводи з механічними передачами дозволили підняти потужності верстатів і забезпечити зростання продуктивності праці. Наприклад, різці важких токарних верстатів можуть знімати стружку площею поперечного перерізу до 120 мм^2 з навантаженням на різець 15–20 тс. Розміри поперечного перерізу тримача такого різця становлять до $80 \times 100 \text{ мм}$, а довжина – до 800 мм. Також будують протяжні верстати зі стискальним зусиллям

100 тс, карусельні верстати висотою з триповерховий будинок. Основним недоліком способу регулювання швидкості або подачі за допомогою коробок є дискретність (ступінчастість) їхньої зміни [5]. У верстатах з ЧПК приводи головного руху та подачі будуються на базі двигуна постійного струму з регульованою частотою обертання вала, в з'єднанні з двома, а іноді й більшою кількістю східчастих переборних груп зубчастих передач.

Під час обробки на верстатах використовують різальний інструмент (свердла, різці, фрези тощо), що безпосередньо забезпечує зміну форми та розмірів оброблюваної заготівки. Інструмент має величезне значення для машинобудування. Він не може розглядатися як якийсь механічний придатак до верстата. Навпаки, в ряді випадків можна бачити, що удосконалення інструмента, створення його нових видів незмінно приводить до появи нових конструкцій верстатів [11, 12] (див. розділ 5).

Винаходи таких інструментів, як черв'ячна зуборізна фреза, зуборізний довбач, шевер, зуборізна головка для конічних коліс із круговим зубом [11, 12] тощо послужили причиною появи спеціальних зуборізних верстатів. Однак, це не означає, що інструмент розвивається сам по собі, окремо від верстатів або методів обробки. Висока ефективність, точність та якість обробки 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 металообробки. У країнах із сучасним машинобудуванням, як правило, розвинена й інструментальна промисловість [5].

Важливою умовою еволюції металорізальних верстатів та інструментів є розробка і використання нових інструментальних матеріалів, що дозволяють збільшувати швидкості різання та, відповідно, підвищувати продук-

тивність 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 обробки інструментами зі швидкорізальної сталі, а отже й суттєво скоротити час, який витрачається на здійснення безпосередньо процесу обробки [5, 12]. Ще пізніше з'являються мінералокераміка та надтверді інструментальні матеріали.

У цих умовах тривалість допоміжних процесів (установлення та закріплення заготівки, знімання деталі, керування верстатом) стала дуже помітно впливати на продуктивність праці. Наприклад, на одному із заводів при токарній обробці 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 [5].

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 розробки й освоєння виробництва верстатів-автоматів і напівавтоматів, потокових й 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 системи [8, 13].

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

Роботоздатність інструмента 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 інструмента.

В наш час одним з ефективних методів підвищення стійкості металорізального інструмента є нанесення тонких (3–10 мкм) покриттів з карбиду вольфраму, карбиду титану, нітриду титану, окису алюмінію (Al_2O_3) та інших. Застосування покриттів сприяє підвищенню стійкості інструмента у 1,4–5 разів.

3.2 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 [5, 8, 10].

Наука в галузі машинобудування розвивається за двома напрямками: розробка теорії проектування машин та розв'язання проблем їх виготовлення. Перший напрямок передбачає розробку деталей, вузлів та проведення натурних випробовувань 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, обробки тиском, обробки різанням, термічної обробки тощо [5, 8].

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 [5, 8].

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 [5].

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 [5].

До Великої Вітчизняної війни в 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 ЗІС, ГАЗ тощо, галузеві науково-дослідні інститути. Цими інститутами разом з підприємствами була виконана велика робота з узагальнення результатів досліджень, створення нормативних матеріалів для розрахунку різального інструменту, режимів різання, металорізальних верстатів, розробки технологічних процесів [5, 8, 10].

Будівництво значної кількості нових заводів обумовило необхідність підготовки великої кількості інженерів, техніків та кваліфікованих робітників. Для цього була значно збільшена мережа вищих навчальних закладів та технікумів. В ці роки в навчальні програми вузів нашої країни 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» [5, 14].

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 обробки деталей з нових, жароміцних, нержавіючих, ерозійно-стійких, немагнітних, тугоплавких та інших спеціальних сталей і сплавів. Ці сталі та сплави, як правило, мали не тільки низьку оброблюваність, але й потребували нового підходу до вибору умов їхньої обробки [5, 15].

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 обробки вказаних вище сталей і сплавів, удосконалити інструментальні матеріали, отримати нові змащувально-охолодні рідини, розробити конструкції верстатів та пристосувань [5, 16 – 18].

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 обробка інструментом з надтвердих матеріалів є досить ефективною й економічно доцільною. Установлено, що алмазні абразивні інструменти (шлі-

фувальні круги) доцільно використовувати на операціях заточування твердосплавного інструмента та шліфування деталей з твердих сплавів. Абразивний інструмент з ельбору через високу вартість отримав застосування в основному тільки при остаточному шліфуванні та заточуванні інструмента зі швидкорізальних сталей. Лезові інструменти на основі синтетичного алмаза використовують при обробці 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 HRC та чавунів будь-якої твердості [5, 11].

У практиці машинобудування має місце широке застосування обчислювальної техніки при проектуванні технологічних процесів та моделюванні процесів механічної обробки, а також автоматизація програмування обробки на верстатах з ЧПК. Створюються системи автоматизованого проектування технологічних процесів (САПР ТП). Велика увага з 1990-х років 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 деталей на поточно-автоматизованих лініях [5, 19, 20].

3.3 Шляхи сучасного розвитку техніки і технології машинобудування

Як показує розвиток промислового виробництва останніх років, в галузі технології машинобудування намітилися такі основні напрямки [5]:

- дослідження впливу методів обробки 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;
- розробка 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 їхньої автоматизації;
- розробка та широке впровадження у виробництво маловідходних і ресурсозберігальних 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 [5]:

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

Тому основний упор у розробці ресурсозберігальних технологій робиться на заготівельне виробництво, а також на зміцнювальні технології та методи. Розглянемо деякі з них [5, 19, 20].

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 заготівки 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 трудомісткість виробництва.

2. Нові методи зміцнення деталей на основі комбінованого застосування електроплазмохімічних 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 з органічними сполуками з подальшою іскровою обробкою імпульсним струмом. ЕЕС-покриття використовуються для зміцнення кінематичних пар тертя з обмеженою кількістю мастильного матеріалу, для різальних інструментів, прес-форм, штампів, деталей, що працюють в умовах абразивного зношування (деталі механізму газорозподілення двигуна внутрішнього згоряння, 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 та піддається перетворенню 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 трудомісткість складання, поліпшити якість виробів.

5. Обробка надзвуковим струменем рідини. Подібна технологія, що є гідрорізнанням з шириною зрізу 0,1–0,8 мм, дозволяє знизити відходи мате-

ріалу в стружку порівняно з традиційним різанням у 15–20 разів. Умови обробки при цьому не здійснюють негативного впливу на оброблюваний матеріал та його фізико-механічні властивості. Процес обробки може бути цілком автоматизований.

3.4 Основні поняття, пов'язані із машинобудуванням

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'єкта праці [8, 14].

Машини, їхні 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 [8].

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, обробку заготовок (різанням, пластичним деформуванням), транспортування заготовок, деталей, складальних одиниць, їхнього зберігання на складах, контроль, складання, випробовування, регулювання, фарбування, маркірування, упакування [8].

Виробничий цикл – це відрізок часу від моменту початку виготовлення виробу до відправлення його замовнику [8].

Технологічний процес – це частина виробничого процесу, що супроводжується зміною форми, розмірів, властивостей матеріалу або напівфабрикату для одержання виробу відповідно до заданих технічних вимог. Час-

тинами технологічного процесу, залежно від використовуваного методу його виконання, є обробка різанням або тиском, складання (зварювання, паяння, склепування), вузлове складання, загальне складання тощо [8].

Засобами виконання технологічного процесу є **технологічне обладнання** (верстати, промислові роботи) та **технологічне оснащення** (інструменти, пристосування, контрольні прилади) [8].

Весь процес механічної обробки містить у собі окремі складові частини: операції, переходи, установи, ходи [8].

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 інструмента та поверхонь, що утворюються в результаті обробки або з'єднуються під час складання. Зміна тільки одного з перерахованих елементів визначає новий перехід.

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

При виконанні операції заготовку, зазвичай, установлюють 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 повної обробки заготовки, час її пролежування між операціями та час на контроль деталі до подачі її на склад [8].

Технічна норма часу під час обробки заготовки – час, необхідний та достатній для виконання заданої операції [8].

Залежно від конструктивних параметрів виробів, їхньої 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;
- обслуговувальний персонал високої кваліфікації;
- значна тривалість, високі точність та вартість обробки.

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 $20 \div 40$, для серійного – $k_3 = 10 \div 20$, для великосерійного – $k_3 = 1 \div 10$ [8]. 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 обробки має місце безперервне переміщення заготовок від одного робочого місця до іншого;
- використовується спеціалізоване або спеціальне обладнання з високим ступенем автоматизації;
- низька трудомісткість та вартість обробки;
- порівняно короткий технологічний цикл [8].

Коефіцієнт k_3 у масовому виробництві дорівнює одиниці. З'являється можливість здійснення значних витрат на обладнання, оскільки вони швидко окуповуються. 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 [8].

Якщо одночасно (паралельно) виконується значна кількість переходів в одній операції, то таку організацію роботи називають **концентрацією технологічного процесу** [8].

Технологічність виробу характеризується витратами часу, енергії та матеріалів на його виготовлення та складання. Для заготівки технологічність визначається ступенем наближення її форми та розмірів до форми й розмірів готової деталі [8, 20].

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 трудомісткість та собівартість виготовлення, маса виробу, його вузлів і деталей. До допоміжних показників відносять ступені стандартизації, нормалізації та уніфікації вузлів і деталей виробу [8].

Собівартість виготовлення виробу найбільш повно характеризує технологічність конструкції і визначається за формулою [8]

$$C_v = M + Z + H,$$

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 як показник технологічності конструкції може використовуватись **коефіцієнт використання матеріалу**, що визначається відношенням маси виробу до маси матеріалу, витраченого на його виготовлення [8].

Загальна трудомісткість виготовлення виробу визначається додаванням трудомісткості виготовлення його окремих деталей та їхнього складання.

Коефіцієнт технологічності виробу за трудомісткістю його виготовлення визначається за формулою [8]

$$K_m = T_d / T_b,$$

де T_d – трудомісткість виготовлення виробу, досягнута у результаті впровадження нових конструкторсько-технологічних заходів на даному підприємстві; T_b – базова трудомісткість 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 документа [8].

Нормалізація – узагальнення конструктивних рішень у вигляді внутрішньозаводських та відомчих нормалей [8] (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 трудомісткість і собівартість їхнього виготовлення та складання, що обумовлено використанням високопродуктивного обладнання і стандартизованого інструменту [8].

Коефіцієнт уніфікації можна визначити за формулою [8]

$$K_y = n_y/N,$$

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

3.5 Виробнича структура машинобудівного підприємства

Кінцевою метою діяльності підприємства є випуск виробів необхідної якості при мінімальних витратах праці, енергії та матеріалів. Для цього на підприємстві здійснюється виробничий процес, що складається з основного, допоміжного й обслуговувального процесів [5].

Результат основного процесу – це випуск виробів, призначених для реалізації (постачання). Основний виробничий процес, зазвичай, складається з трьох стадій: заготівельної, обробної та складально-довідної. На заготівельній стадії методами лиття, обробки тиском, різанням сортового прокату або порошкової металургії одержують заготовки. На стадії обробки відбувається зміна форм, розмірів, шорсткості та фізико-механічних властивостей заготовок, у результаті чого одержують деталі необхідної якості. Перетворення заготовок у деталі здійснюють обробкою різними методами: механічним, термічним, фізико-хімічним, світло-променевим тощо. Складальна стадія завершує основний виробничий процес і передбачає одержання готових виробів та їхнього випробовування на відповідність фактичних параметрів технічним вимогам.

До допоміжних процесів у машинобудуванні відносять: виготовлення та ремонт обладнання; ремонт будівель й споруджень; виготовлення і ремонт технологічного оснащення; виготовлення експериментальних зразків машин. Деякі допоміжні процеси (наприклад, виготовлення технологічного оснащення) також можуть складатись із заготівельних, обробних та складальних стадій.

До обслуговувальних процесів відносять такі, що забезпечують ефективну реалізацію основних та допоміжних процесів, а саме: складські й

транспортні процеси, процеси забезпечення усіма видами енергоносіїв (паливом, електрикою, парою, стисненим повітрям тощо).

Виробничий процес складається з технологічних процесів, що забезпечують послідовну зміну стану виробу. Технологічні процеси на машинобудівному підприємстві відбуваються в його цехах, що підрозділяють на основні (для здійснення основного виробничого процесу), допоміжні (забезпечення технічного обслуговування основних цехів) та обслуговувальні (господарське обслуговування основних та допоміжних цехів). Схема структури підприємства подана на рисунку 3.7 [5].

Обслуговувальні цехи та підрозділи, перелік яких наведений нижче, виконують функції господарського і частково технічного обслуговування підприємства [5].

Складські підрозділи

1. Склад металу.
2. Склад напівфабрикатів, виробів суміжних виробництв, приладдя, матеріалів.
3. Центральний інструментальний склад (ЦІС) для зберігання й видачі інструментів з метою поповнення ними цехових інструментальних складів.
4. Склад шихтових та формувальних матеріалів.
5. Склад готових виробів з пакувальною й експедицією.
6. Склад палива.
7. Склад паливних, мастильних та хімічних матеріалів.
8. Склад деревини (круглого лісу та пиломатеріалів).
9. Склад моделей (влаштовують в опалюваній будівлі, у якій підтримують температуру 10–15 °С).

Транспортні підрозділи

1. Рейкова мережа, шляхові пристрої, рухомий склад, депо для тепловозів, мотовозів, електровозів.
2. Гаражі для моторних та електричних акумуляторних візків із зарядними станціями.
3. Гараж для автомобільного транспорту.
4. Підвісні шляхи, підйомно-транспортні пристрої на відкритих дворах, залізничні та кранові естакади, дороги для безрейкового транспорту.

Енергетичні підрозділи

1. Електростанція, теплоелектроцентраль або котельня – для великих заводів (для невеликих підприємств одержання електричної та теплової енергії здійснюється від відповідних районних станцій або інших підприємств через знижувальні і трансформаторні підстанції при цехах).

2. Компресорні установки – для одержання стисненого повітря, споживачами якого є майже всі цехи. У механічних та складальних цехах стиснене повітря використовують для пневматичного затискального інструмента, для випробовування виробів, що складаються, видалення стружки в процесі обробки, для пневматичних підйомників; у ливарних цехах – для роботи ливарних машин, дробоструминних апаратів, для пневматичних зу-

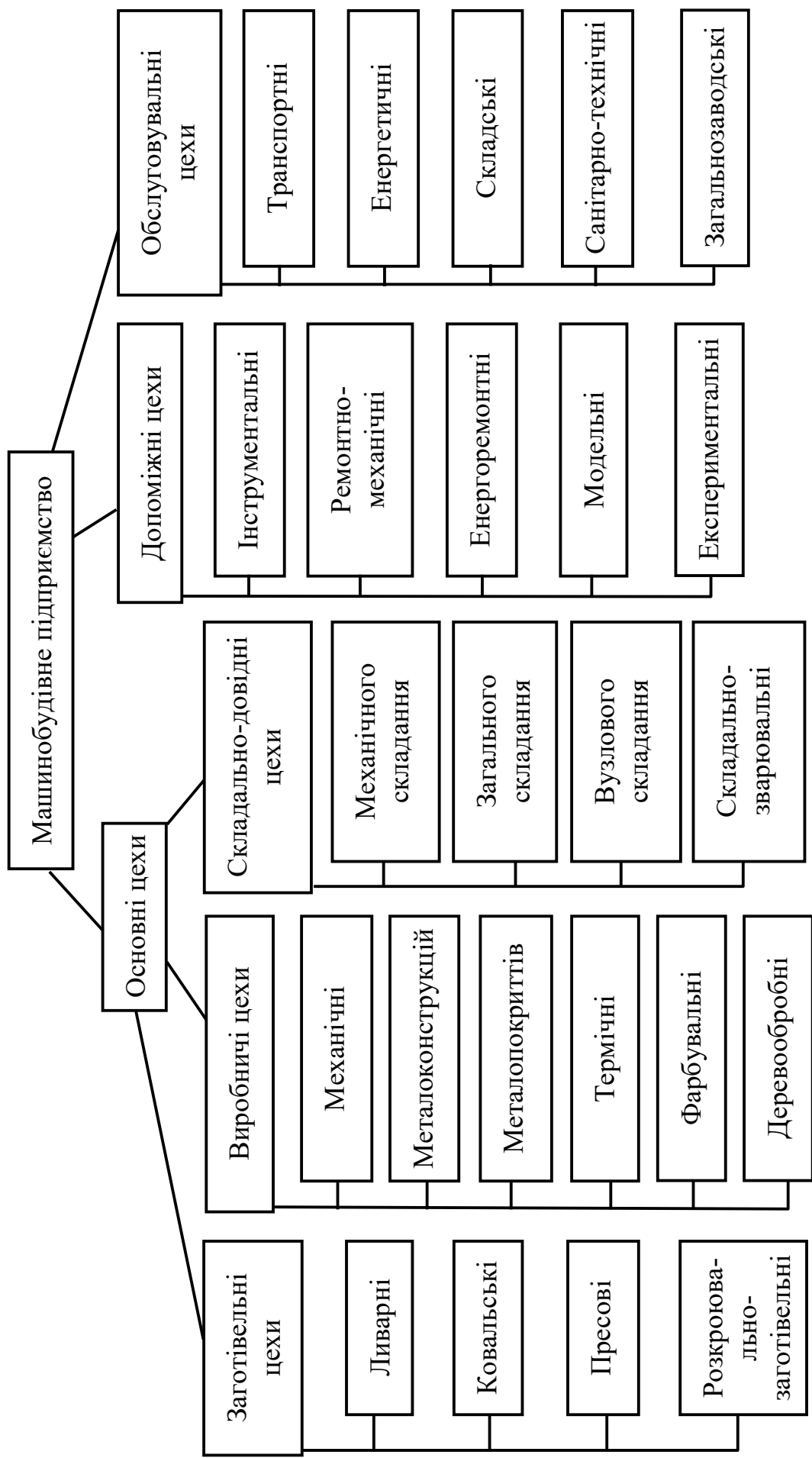


Рисунок 3.7 – Виробнича структура сучасного машинобудівного підприємства

бил і обдування форм; у ковальських цехах – для пневматичних молотів та видалення окалини; у фарбувальних цехах – для фарбування розпилюванням. Як правило, підприємство має центральну компресорну установку, що постачає стиснене повітря всім заводським споживачам. Влаштування окремих компресорних установок у цехах виправдовується тільки при значній віддаленості цехів-споживачів від центральної установки або у випадку досить великого споживання стисненого повітря окремими цехами.

3. Газогенераторна установка – для одержання паливного газу, необхідного для роботи виробничих печей (ковальських, термічних тощо). Як паливо, що генерується в газ, може застосовуватися кам'яне вугілля, торф, дрова, деревні відходи. Застосування газу для живлення виробничих печей є досить раціональним завдяки його технічним та економічним перевагам.

4. Електромережа, паропроводи, газопроводи, повітряпроводи, нафтопроводи.

5. Санітарно-технічні пристрої та системи (опалення, вентиляції, водопостачання, каналізації), в тому числі насосні й очисні станції, водоймища, водонапірні вежі.

Загальнозаводські підрозділи

1. Центральна лабораторія з відділеннями для механічних випробовувань, хімічного аналізу, металографічних та рентгенівських досліджень. Філії лабораторії влаштовуються при ливарних, термічних та інших цехах.

2. Технологічна лабораторія для дослідження в галузі різання металів та інших видів обробки.

3. Центральна вимірювальна лабораторія (ЦВЛ) з контрольно-перевірними пунктами в цехах.

4. Заводоуправління: дирекція, технічна, адміністративно-фінансова, постачальницька та господарська частини.

5. Прохідна контора з відділеннями: табельною, бюро видачі перепусток, наймання робочої сили, охорони тощо.

6. Пожежне депо з приміщеннями для пожежного персоналу.

7. Заводські навчальні установи (школа, курси, технікум, філія ВУЗу).

8. Медичний пункт, амбулаторія, поліклініка.

9. Будинок громадських організацій (приміщення для громадських організацій та заводууправління можуть знаходитися в одній будівлі).

10. Їдальня.

11. Зв'язок – телефонна станція, система доступу до Інтернет, радіовузл, телевізійні установки тощо.

12. Сторожові пункти.

Контрольні запитання

1. Яким є сучасне значення машинобудівної промисловості?

2. Що собою являли перші знаряддя обробки, створені людиною?

3. Розкажіть про перші лучкові токарні верстати.

4. Як і ким був створений самохідний супорт для токарного верстата?
5. Розкажіть про історію розвитку приводів металорізальних верстатів.
6. Як удосконалювалась трансмісія металорізальних верстатів?
7. Розкажіть про структуру типової електромеханічної коробки швидкостей верстата.
8. Розкажіть про роль металорізальних інструментів в удосконаленні верстатів.
9. Які ви знаєте групи інструментальних матеріалів, які вони мають основні параметри?
10. Які ви знаєте основні напрямки розвитку науки в галузі машинобудування?
11. Розкажіть про початковий період розвитку науки в галузі машинобудування.
12. Якими були основні досягнення науки в галузі машинобудування у першій половині ХХ ст.?
13. Як розвивалась наука в галузі машинобудування у другій половині ХХ – на початку ХХІ століть?
14. Розкажіть про основні напрямки в галузі технології машинобудування у останні роки.
15. Розкажіть про основні сучасні методи ресурсозбереження в машинобудуванні, про їхні переваги та сферу застосування.
16. Що називають машиною, якими є основні види машин?
17. Що може бути виробом у машинобудуванні? Дайте означення основним видам виробів.
18. Що називають виробничим процесом та виробничим циклом у машинобудівному виробництві?
19. Що називають технологічним процесом, які ви знаєте його основні елементи?
20. Дайте означення понять «технологічний цикл» та «технічна норма часу».
21. Дайте характеристику основним типам виробництва.
22. Як визначається і для чого слугує коефіцієнт закріплення операцій?
23. Що називають концентрацією та диференціацією операцій технологічного процесу?
24. Що таке технологічність виробу і якими показниками вона характеризується?
25. Як розраховується собівартість виготовлення виробів?
26. Як розраховуються коефіцієнти використання матеріалу та технологічності виробу?
27. Що називають уніфікацією, нормалізацією та стандартизацією?
28. Розкажіть про виробничу структуру машинобудівного підприємства.

4 СПОСОБИ ВИРОБНИЦТВА ЗАГОТІВОК ДЕТАЛЕЙ МАШИН

4.1 Одержання литих заготівок

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

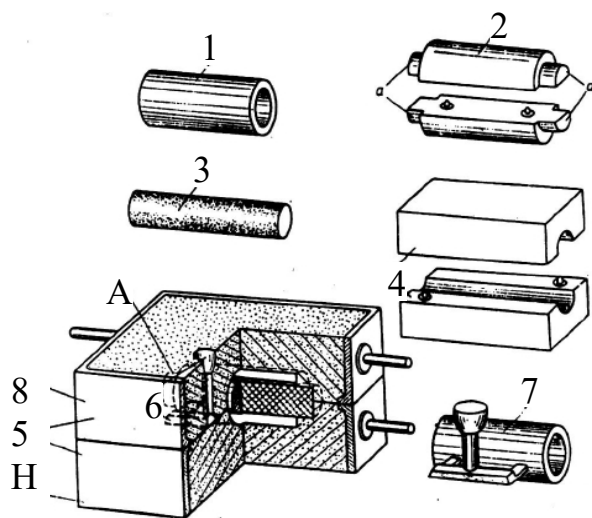


Рисунок 4.1 – Схема лиття у піщано-глиняні форми: 1 – заготівка; 2 – модель; 3 – стержень; 4 – форма для одержання стержня; 5 – основна ливарна форма; 6 – ливникова система; 7 – виливок

На рисунку 4.1 подана схема одержання вилівка втулки 1 у піщано-глиняні форми [4]. 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 – пристосуваннях для утримання формувальної суміші. У складеній формі одержують порожнину, що відповідає конфігурації заготівки, 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 виливок 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 заготівки 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.

Лиття в металеві форми (кокілі) (рисунок 4.2) [4] набуло широкого застосування, оскільки при цьому досягається підвищена точність розмірів,

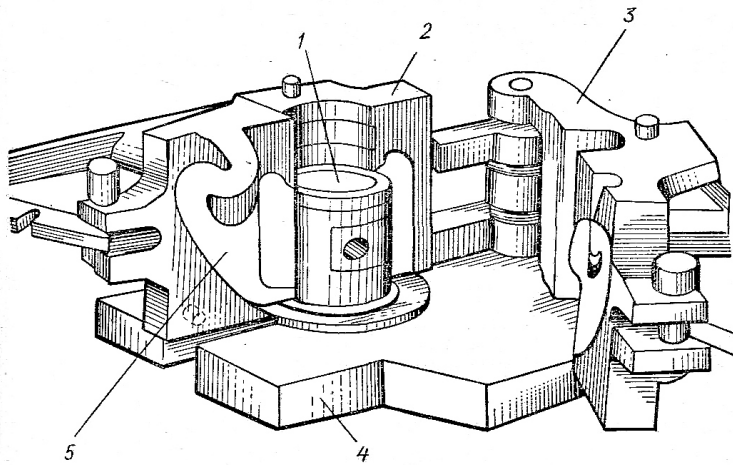


Рисунок 4.2 – Металева форма для виготовлення поршня: 1 – заготівка (поршень); 2, 3, 4 – частини форми; 5 – ливникова система

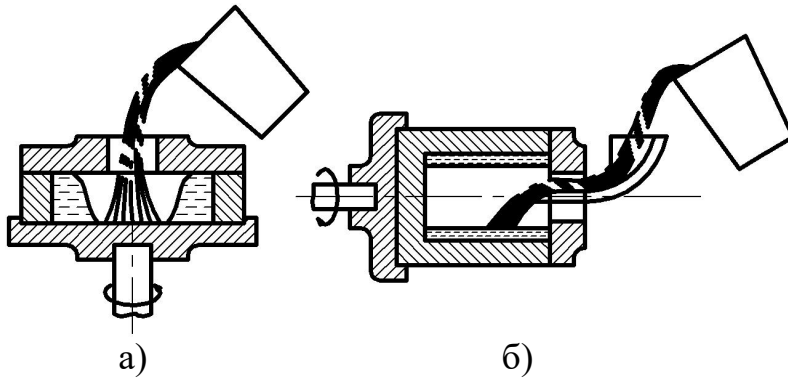


Рисунок 4.3 – Схема відцентрового лиття: а – з вертикальною віссю обертання; б – з горизонтальною віссю обертання

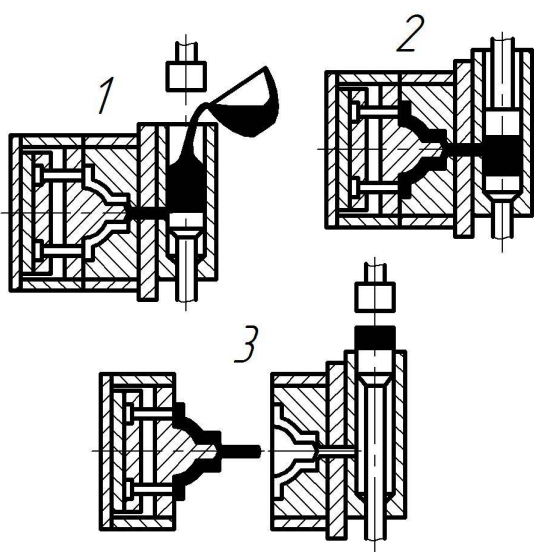


Рисунок 4.4 – Схема лиття під тиском: 1, 2, 3 – стадії лиття

знижується шорсткість поверхні, поліпшується якість металу, усувається необхідність приготування формувальної суміші, з'являється можливість багаторазового застосування форм. Так, під час виробництва алюмінієвих виливків масою до 1 кг сталеві кокілі витримують до 50 000 заливань, чавунні кокілі для виливків з чавуна – до 5 000 заливань.

Відцентровий спосіб лиття (рисунок 4.3) [4] 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 виливок.

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

В процесі лиття в оболонкові форми підігріту до 200–250 °С 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 півформа, яку з'єднують струбцинами або скобами з ще однією відповідною півформою. Для заливання металу форми об'єднують у вертикальні або горизонтальні касети по декілька десятків штук. Заготівки, відлиті в такі форми, відрізняються високою точністю та малою шорсткістю поверхні.

4.2 Одержання заготовок обробкою тиском

Обробка тиском основана на використанні пластичності металів, під якою розуміють здатність металів змінювати під впливом зовнішніх сил свою форму без руйнування. Обробкою тиском можна одержувати заготівки з високими параметрами міцності [5].

Основними способами обробки металів тиском, використовуваними при виробництві заготовок є: пресування, вільне кування, гаряче об'ємне штампування, листове штампування (рисунок 4.5) [5].

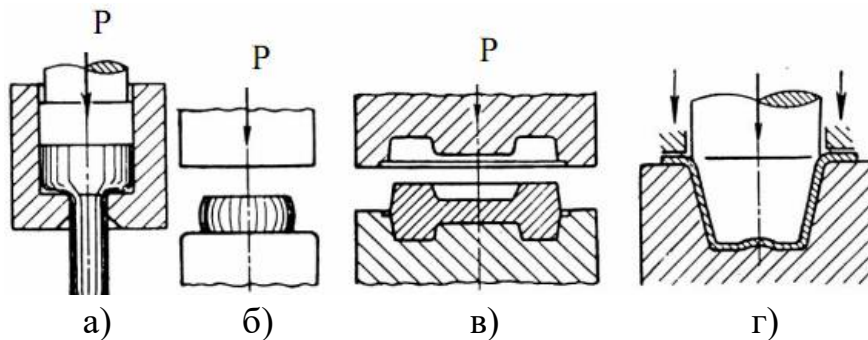


Рисунок 4.5 – Способи отримання заготовок обробкою тиском: а – пресуванням; б – вільним куванням; в – гарячим об'ємним штампуванням; г – холодним листовим штампуванням

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

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. Заготівки, отримані вільним куванням, можуть мати масу від кількох сотень грамів до 300 т.

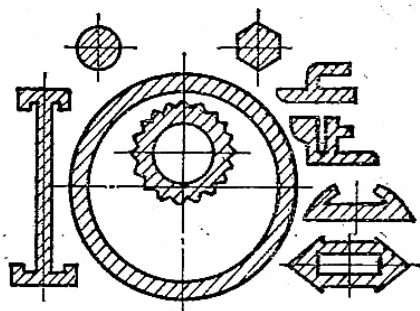


Рисунок 4.6 – Профілі заготовок, одержаних пресуванням

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. Заготівки, отримані вільним куванням, можуть 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 подальшу механічну обробку 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 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 [5].

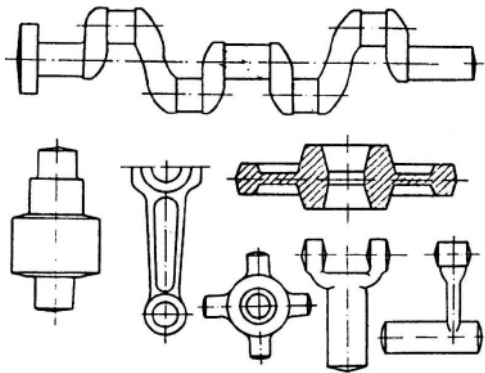


Рисунок 4.7 – Штмповки

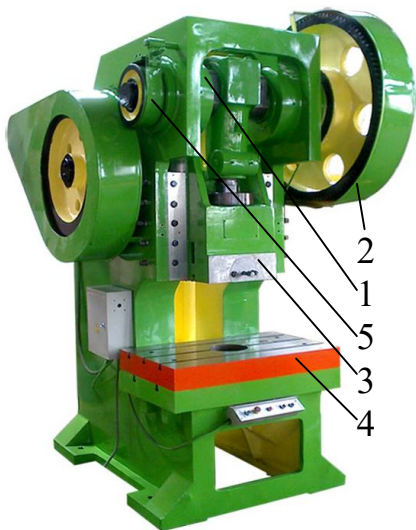


Рисунок 4.8 – Кривошипний прес: 1 – шатун; 2 – маховик; 3 – повзун; 4 – стіл; 5 – гальмо

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. Такі преси мають кривошипний вал із шатуном 1. На один кінець кривошипного вала 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 штамп 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 замкнутих контуром. Формозмінні операції це: вигинання (рисунок 4.9, б, г) – викривлення однієї або

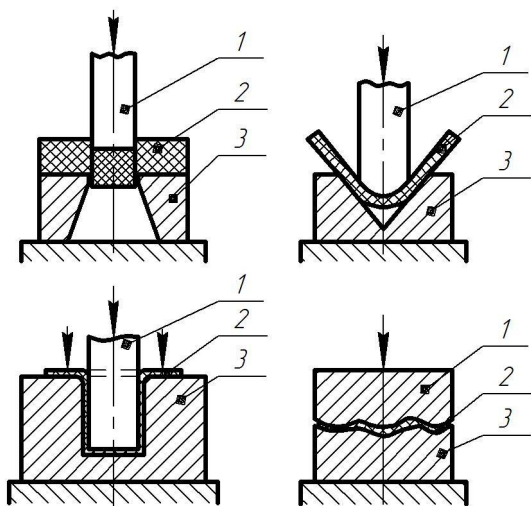


Рисунок 4.9 – Етапи листового штампування: 1 – пуансон; 2 – заготівка; 3 – матриця

таті створення на елементах штампа навантаження подушка та матеріал приймають форму пуансона або матриці. В процесі гідравлічного штампування заготівку отримують під тиском рідини, що, зазвичай, подається в гумовий мішок. Робочий процес в подібних випадках реалізується на гідравлічних пресах.

декількох частин заготівки та витягування – одержання з плоскої заготівки порожнього виробу (рисунок 4.12, в) або з більшого виробу меншого [5].

Знаходять застосування й такі способи листового штампування, як штампування гумою (рисунок 4.10, а), гідравлічне (рисунок 4.10, б) та вибухом (рисунок 4.11) [5].

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 резуль-

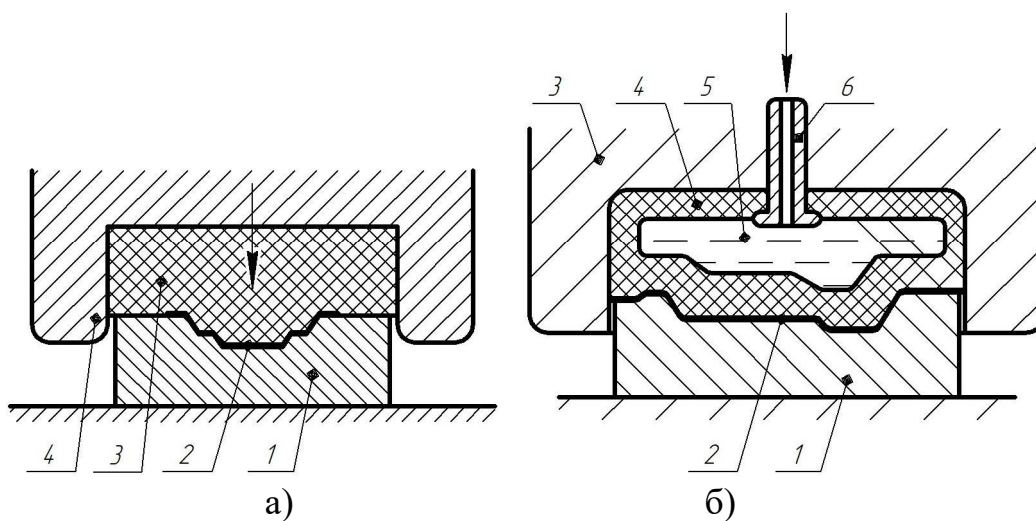


Рисунок 4.10 – Схеми холодного листового штампування: а – гумою: 1 – матриця; 2 – заготівка; 3 – гумова подушка; 4 – обойма; б – гідравлічного: 1 – матриця; 2 – заготівка; 3 – обойма; 4 – гумовий мішок; 5 – робоча рідина; 6 – трубка для підведення рідини

Штампування вибухом здійснюють у посудині з водою, в якій установлюють матрицю штампа, заготівку та вибухову речовину. У днищі матриці є канал для створення в ній вакууму. У момент вибуху у воді виникає гідравлічний удар [21], що призводить до створення навантаження на заготівку та її формоутворення. При цьому, окрім бризантних вибухових речовин

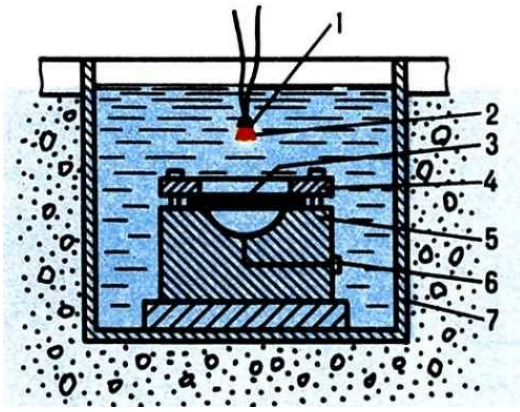


Рисунок 4.11 – Штампування вибухом: 1 – детонатор; 2 – вибухова речовина; 3 – заготівка; 4 – притискна планка; 5 – матриця; 6 – штуцер для приєднання вакуум-насоса; 7 – резервуар з водою

дають 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, як правило, здійснюють з прикладанням зовнішніх сил (тиску) в процесі статичного, гідростатичного пресування або вібропресування [22]. Найбільш поширеним є статичне пресування, що пов'язано з простотою даного способу 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 заготівку спікають. Цей процес, як правило, здійснюють у середовищі захисного газу або у вакуумі, що запобігає окислюванню порошку при нагріванні. Температура при спіканні заготовок на залізній основі становить 1000–1200 °С, тоді як для заготовок з кольорових металів вона не перевищує 700–800 °С. Далі заготовки, якщо це потрібно, обробляють тими ж методами, що й заготовки, отримані литтям або пластичним деформуванням.

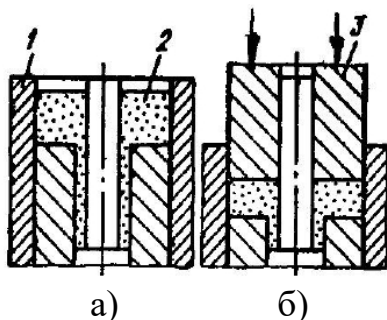


Рисунок 4.12 – Схеми статичного пресування: а – заповнення прес-форми 1 порошком 2; б – ущільнення порошку пуансоном 3

як енергоносії можна використувати порох, газові суміші, а також іскровий або імпульсний розряди.

4.3 Виробництво заготовок з порошкових матеріалів

Технологія виробництва заготовок способами порошкової металургії містить етапи одержання металевих порошків, формоутворення з порошків заготовок, спікання та механічну обробку останніх [5]. Деталі, отримані описаними 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, як правило, здійснюють з прикладанням зовнішніх сил (тиску) в процесі статичного, гідростатичного пресування або вібропресування [22]. Найбільш поширеним є статичне пресування, що пов'язано з простотою даного способу 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 заготівку спікають. Цей процес, як правило, здійснюють у середовищі захисного газу або у вакуумі, що запобігає окислюванню порошку при нагріванні. Температура при спіканні заготовок на залізній основі становить 1000–1200 °С, тоді як для заготовок з кольорових металів вона не перевищує 700–800 °С. Далі заготовки, якщо це потрібно, обробляють тими ж методами, що й заготовки, отримані литтям або пластичним деформуванням.

4.4 Одержання заготовок з 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 їхньої подальшої обробки.

Контрольні запитання

1. Які ви знаєте способи лиття заготовок?
2. Розкажіть про послідовність відливання заготовок у піщано-глиняні форми. Якими є переваги й недоліки даного способу?
3. Розкажіть про переваги способів лиття у кокіль та відцентрового.
4. Як реалізуються способи лиття під тиском та в оболонкові форми?
5. Які є способи одержання заготовок обробкою тиском?
6. Що собою являє спосіб пресування, які переваги він забезпечує?
7. Як реалізуються способи вільного кування та гарячого об'ємного штампування?
8. Розкажіть про класифікацію операцій холодного листового штампування.
9. Як реалізуються способи штампування гумою, гідравлічного штампування та штампування вибухом?
10. Розкажіть про переваги способів порошкової металургії.
11. Розкажіть про загальну послідовність одержання заготовок способами порошкової металургії.
12. Як здійснюється статичне пресування заготовок з порошкових матеріалів?
13. Які заготовки одержують різанням з прокату, який прокат при цьому застосовується?

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 [5].

Нормування точності дозволяє розв'язати проблему взаємозамінності – виготовлення деталей та подальшого складання з них вузлів й машин без додаткової обробки (підгонки) цих деталей. У 1856 р. один з 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 [5].

Характерною ознакою сучасного машинобудування є виробництво взаємозамінних деталей машин, виготовлених із задалегідь заданими розмірами та точністю. Такі деталі можна складати у роботоздатні 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].

5.1 Граничні відхилення та допуски розміру

Абсолютно точно виготовити деталь неможливо. Тому взаємозамінність деталей забезпечують тим, що на кресленні, окрім їхніх номінальних розмірів, для кожного з них задають найбільше та найменше допустиме відхилення (рисунок 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 обробки, 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, обумовле-

ний 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 (рисунок 5.2) та перехідні [5] (в останніх між деталями може бути як зазор, так і натяг).

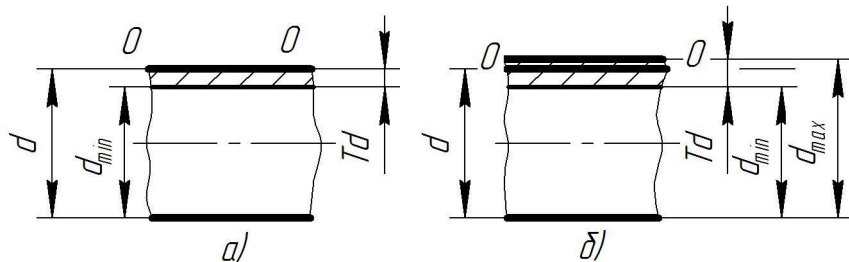


Рисунок 5.1 – Допуски на обробку: а – найбільший граничний розмір збігається з номінальним: $d_{max}=d$; d_{min} – мінімальний граничний розмір; $T_d = d_{max} - d_{min}$ – допуск розміру; б – найбільший граничний розмір d_{max} не збігається з номінальним розміром d

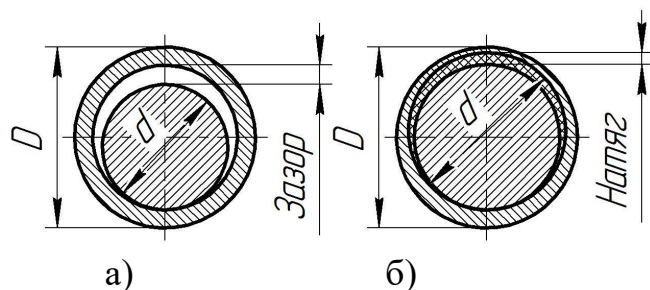


Рисунок 5.2 – Посадки: а – із зазором; б – з натягом

Ту або іншу посадку можна одержати як за рахунок зміни розмірів вала, 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 вала, навпаки, граничні розміри вала 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 вала (таблиця 5.1). Поле допуску в ЄСДП позначають основним відхиленням та номером квалітету, наприклад: для вала – h6, g8, p7, а для отвору – H6, F8 або JS6.

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

Отвори	A	B	C	CD	D	E	EF	F	FG	G	H	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 вве-

дені 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 вимірювальні інструменти [5].

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 їхньої якості. Ступені точності в ЄСДП називають квалітетами. Допуски в кожному квалітеті зростають зі збільшенням номінальних розмірів, для яких вони призначаються. В ЄСДП 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, що з'єднуються, найчастіше використовують 7-й та 8-й квалітети. Допуски розмірів у квалітетах позначають буквами IT з числовим значенням квалітету: IT7, IT8, IT9 і т. д. Квалітет точності поверхні деталі встановлюється конструктором і досягається в процесі остаточної обробки цієї поверхні. У таблиці 5.3 наведені методи фінішної обробки деталей для забезпечення 7, 8, 12 та 13 квалітетів точності [5].

Таблиця 5.3 – Методи обробки поверхонь, що забезпечують деякі квалітети точності

Квалітет точності	Методи обробки
IT7	Чистове обточування та розточування, чистове шліфування, чистове протягування, розвертування двома розвертками, полірування, холодне штампування із зачищенням
IT8	Чистове обточування та розточування, розвертування однією або двома розвертками, шліфування, хонінгування, обкатування роликком або кулькою, тонке стругання, тонке фрезерування, тонке шабрування
IT12 – IT13	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

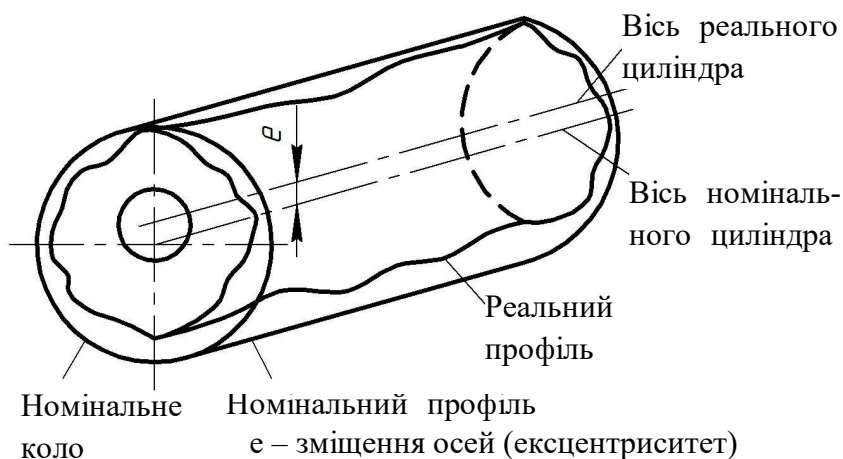


Рисунок 5.3 – Зміна форми циліндра після обробки

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 відхилення форми

повинні знаходитися в заданих межах (рисунок 5.3) [5]. Нормовані відхилення форми та їхні умовні позначення на робочому кресленні деталі подані в таблиці 5.4 [5]. 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 їхнього 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].

5.5 Шорсткість поверхонь

Під час обробки деталей на верстатах для них неможливо одержати ідеально гладку поверхню. Внаслідок вібрацій, неоднорідності оброблюваного матеріалу заготовки, шорсткості кромки різального інструмента, на обробленій поверхні залишаються нерівності. Ступінь шорсткості суттєво

впливає на втомну міцність деталі, зносостійкість поверхонь, що з'єднуються, їхні 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):

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

де n – кількість обраних точок профілю на базовій довжині; y_i – відхилення обраних на базовій довжині точок [5].

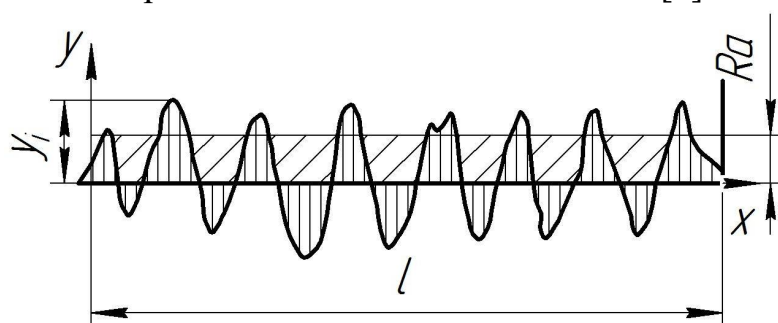


Рисунок 5.4 – Середнє арифметичне відхилення профілю Ra

Параметр Ra нормують значеннями від 0,008 до 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 -ї найбільшої западини профілю.

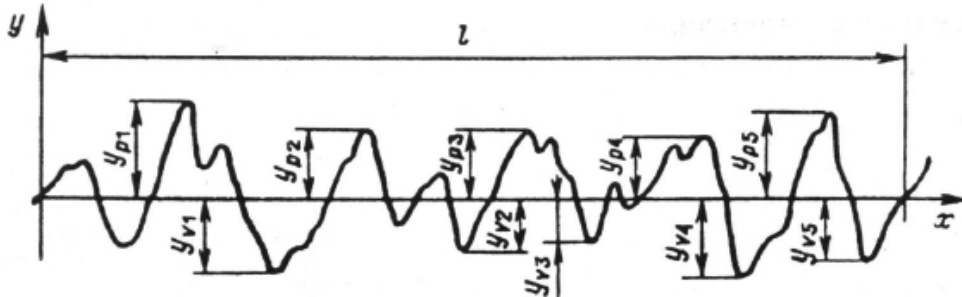


Рисунок 5.5 – Висота нерівностей профілю по десятих точках (Rz)

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).

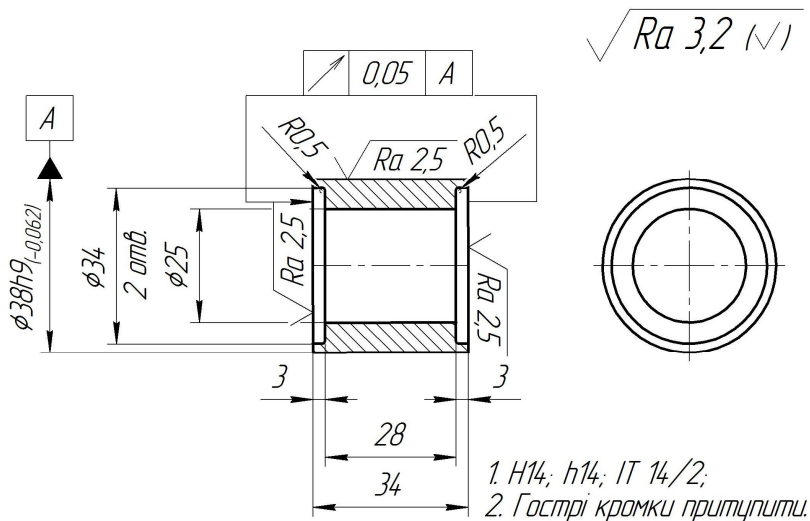


Рисунок 5.6 – Фрагмент робочого креслення деталі типу «втулка»

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, що 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.

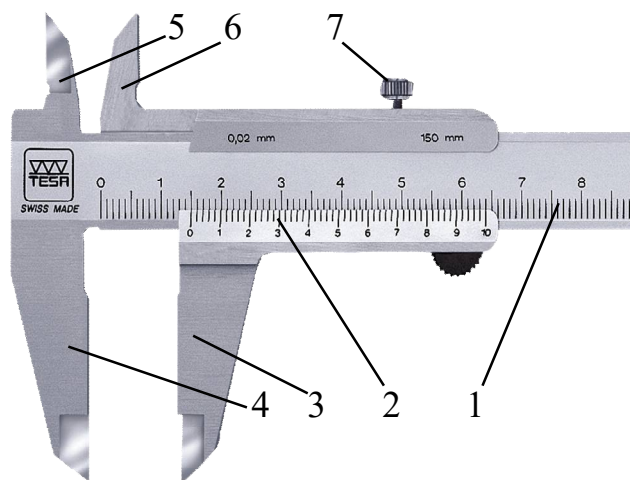


Рисунок 5.7 – Штангенциркуль: 1 – штанга; 2 – ноніус; 3, 4 – нижні губки; 5, 6 – верхні губки; 7 – гвинт

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.

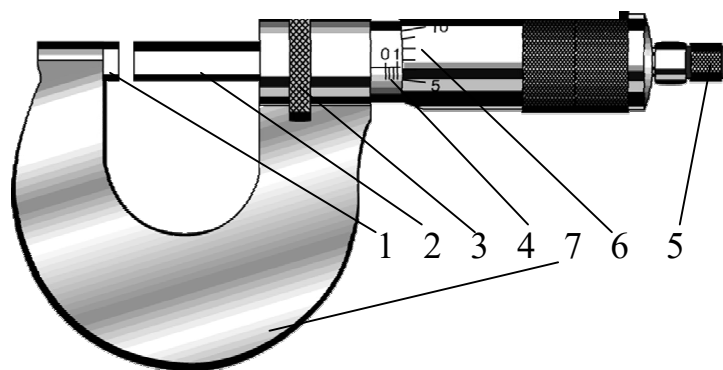


Рисунок 5.8 – Мікрометр: 1 – п'ята; 2 – мікрометричний гвинт; 3 – стопор; 4 – основна шкала; 5 – головка тріщитки; 6 – ноніус; 7 – скоба

Більш точними штриховими приладами з ноніусом є мікрометричні інструменти – мікрометри (рисунок 5.8). 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 еталоном. 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 еталоном (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 [5].

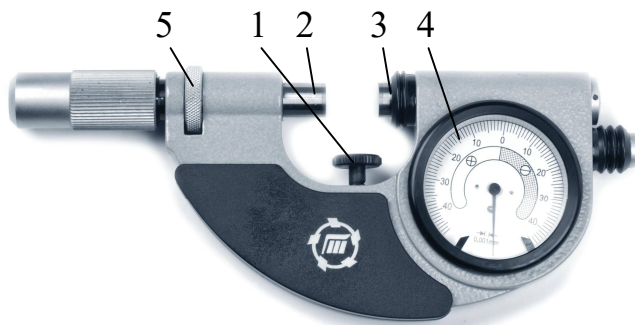


Рисунок 5.9 – Індикаторна скоба: 1 – упор; 2 – п'ята; 3 – вимірювальна п'ята; 4 – індикатор; 5 – гайка

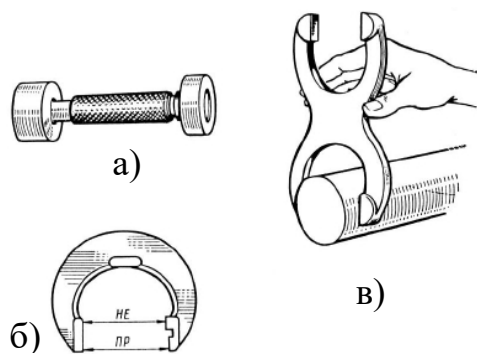


Рисунок 5.10 – Граничні калібри: а – пробка двостороння; б – скоба одностороння; в – вимірювання вала скобою двосторонньою

калібри повинні згвинчуватись з деталлю, а непрохідні – не повинні. Значне поширення одержали вимірювальні прилади спеціального призначення, наприклад для контролю взаємного положення поверхонь деталі [5].

Контрольне пристосування для вимірювання биття отвору А деталі відносно шийок вала 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 обробки деталі. Зокрема це можливо з використанням засобів активного контролю [5].

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 подані конструкції граничних калібрів та схема вимірювання скобою.

Для контролю різьби використовують різьбові калібри. Прокідні різьбові калібри повинні згвинчуватись з деталлю, а непрохідні – не повинні. Значне поширення одержали вимірювальні прилади спеціального призначення, наприклад для контролю взаємного положення поверхонь деталі [5].

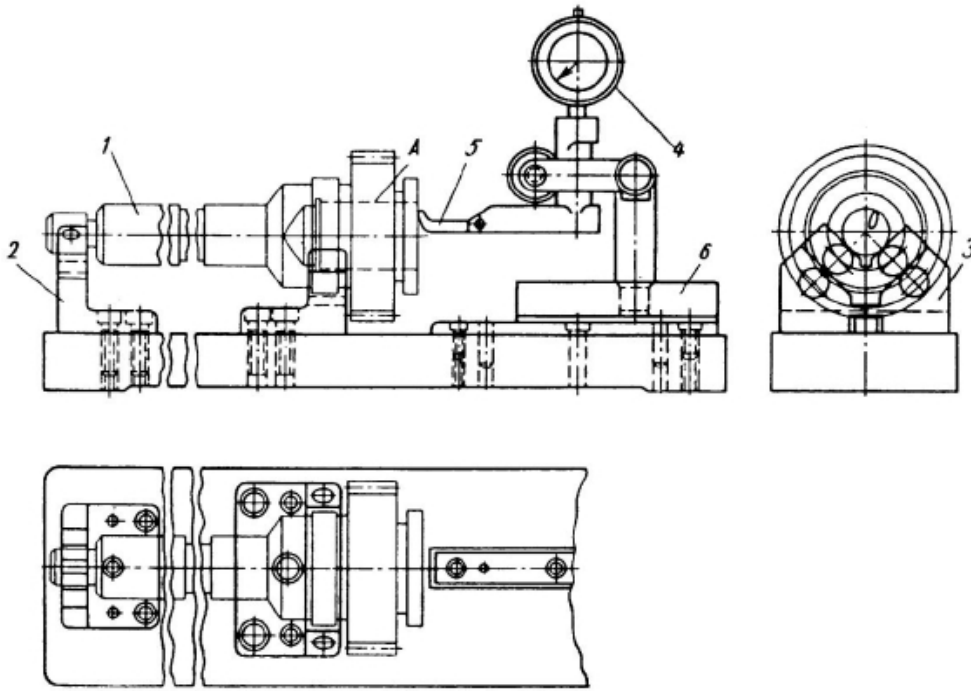


Рисунок 5.11 – Контрольне пристосування для вимірювання биття: 1 – контрольована деталь; 2, 3 – роликові призми; 4 – індикатор; 5 – важільна передача; 6 – стійка

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. Хвостовик 5 слугує для автоматичного закріплення датчика. Пристрій 3 передає сигнал про дотик датчика до вимірюваної поверхні деталі. За програмою датчик вилючається маніпулятором з гнізда інструментального магазину верстата і встановлюється у шпиндель. Щуп дотикається до двох протилежних сторін оброблюваної поверхні (наприклад, отвору). Генератор

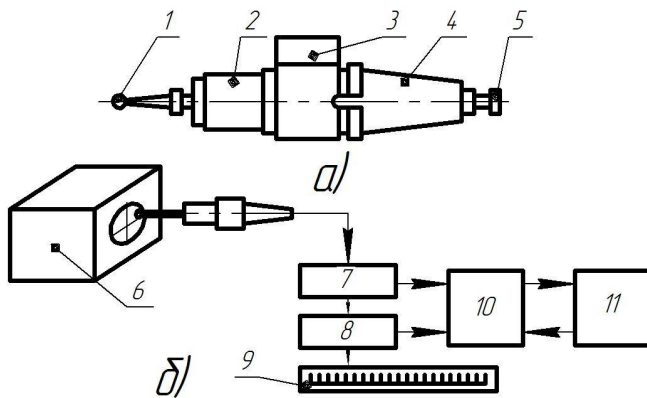


Рисунок 5.12 – Пристрій автоматичного контролю на верстаті: а – датчик (1 – щуп; 2 – корпус; 3 – пристрій сигналізації; 4 – оправка; 5 – хвостовик); б – схема системи контролю (7 – пристрій пошуку сигналу; 8 – лічильник; 9 – пристрій зворотного зв'язку; 10 – пристрій контролю; 11 – пристрій ЧПК

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. Результувальний 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 обробки або на її закінчення [5].

В автоматизованому виробництві доцільне використання контрольно-вимірювальних машин (КВМ), що містять датчик дотику, систему керування датчиком часто у вигляді механізмів з паралельною кінематикою [23] (рисунок 5.13), комп'ютер та відповідне програмне забезпечення.



Рисунок 5.13 – Контрольно-вимірювальна машина

Розвитком КВМ є вимірювальні роботи (рисунок 5.14), що можуть бути оснащені декількома вимірювальними пристроями, що працюють одночасно. Горизонтальне виконання робота забезпечує хороший доступ до контрольованої деталі та її обмірювання з різних сторін [5].

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 [5] (рисунок 5.15).

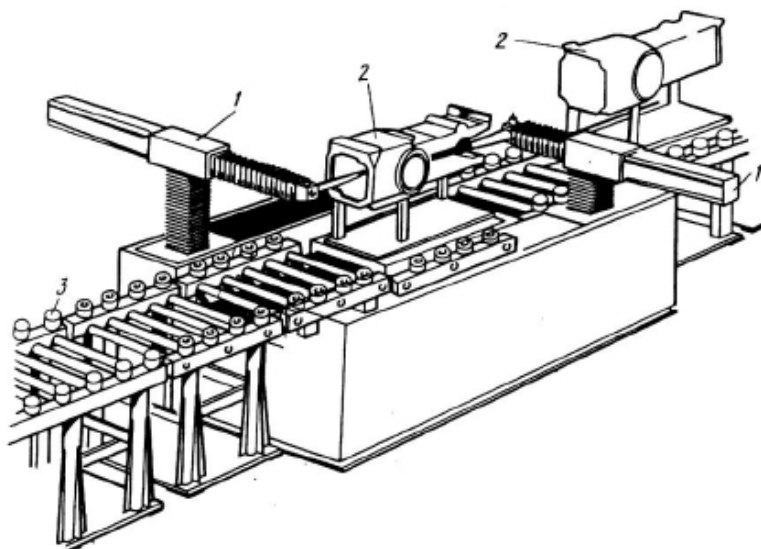
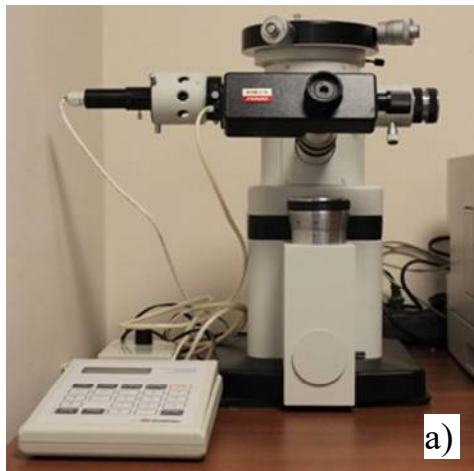


Рисунок 5.14 – Вимірювальний робот у ГВС: 1 – робот; 2 – контрольована деталь; 3 – конвеєр

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, що здійснює контроль дозволяє досить точно оцінити шорсткість поверхні. Оцінювання здійснюють візуально-дотикальним способом [5].



б)

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



Рисунок 5.16 – Зразки шорсткості

Контрольні запитання

1. Назвіть групи параметрів точності у машинобудуванні. Для чого вони необхідні?
2. Дайте означення для номінального розміру, відхилень та допуску.
3. Розкажіть про типи посадок, системи вала та отвору, поля допусків, якості.
4. Назвіть параметри точності форми оброблюваних поверхонь.
5. Які вам відомі основні параметри точності взаємного розташування оброблюваних поверхонь?
6. Розкажіть про параметри шорсткості оброблюваних поверхонь.
7. Розкажіть про суть абсолютного та відносного методу вимірювань.
8. Розкажіть про прилади для абсолютних вимірювань.
9. З використанням яких приладів контролюється точність взаємного розташування поверхонь?
10. Що собою являють граничні калібри, на які види вони поділяються, як використовуються?
11. Розкажіть про пристрої для контролю шорсткості поверхонь.
12. Що собою являють пристрої для автоматизованого контролю точності розмірів?

6 ОБРОБКА РІЗАННЯМ ТА РІЗАЛЬНІ ІНСТРУМЕНТИ

6.1 Загальні відомості про різання

Обробка 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. Практично будь-який вид інструменту має робочу та кріпильну частини. Робоча частина здійснює основне службове призначення – різання, зрізання необхідного шару матеріалу. Робоча частина різального інструмента 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) [5].

Для здійснення процесу різання інструменту або заготівці передають рухи. Один з 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 [5]. Швидкість головного руху називають швидкістю різання v .

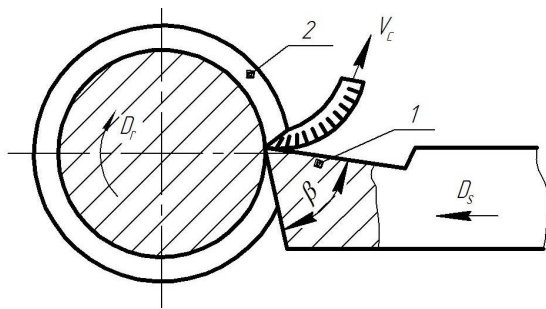


Рисунок 6.1 – Схема різання: 1 – лезо інструмента; 2 – оброблювана заготівка; β – кут загострення леза

Під час обробки 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) [5].

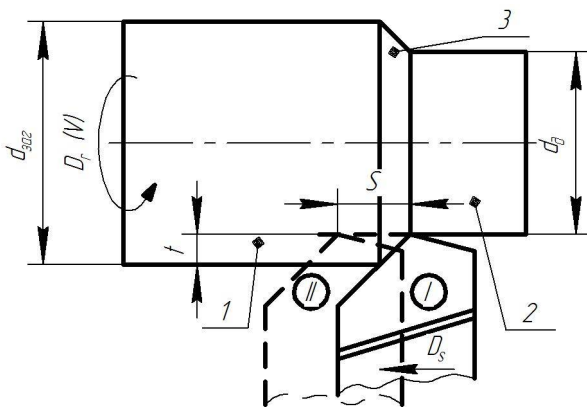


Рисунок 6.2 – Поверхні обробки: 1 – оброблювана; 2 – оброблена; 3 – поверхня різання

Результати перших досліджень процесу стружкоутворення під час різання, проведені російським ученим І. А. Тіме, були опубліковані у 1893 р. Він установив, що лезо інструмента, долаючи опір металу на своєму шляху, пластично деформує його й зрушує деформований об'єм на поверхні інструмента. При цьому відбувається утворення стружки, що складається з окремих деформованих об'ємів оброблюваного матеріалу заготовки (рисунок 6.3) [5].

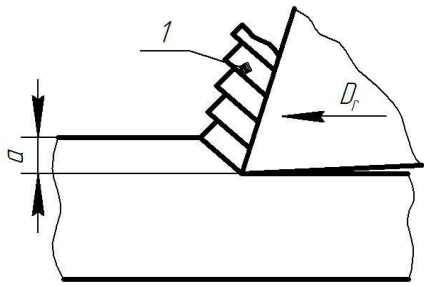


Рисунок 6.3 – Схема стружкоутворення: *a* – шар, що зрізається; 1 – стружка

Під час обробки різанням необхідно забезпечити високу продуктивність праці, що 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 інструмента або заготовки під час здійснення ними головного руху й визначається за формулою [5], 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 інструмента, об/хв. Подача s , мм/об – переміщення різальної кромки інструмента відносно обробленої поверхні в напрямку руху подачі за один оберт заготовки (див. рисунок 6.1).

Для здійснення процесу різання, до інструмента 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) [5]: тангенціальну P_z , осьову P_x та радіальну P_y . Найбільше значення має складова P_z , що враховується під час розрахунку механізму головного руху верстата, пристосувань для установлення та закріплення деталей тощо. За силою $P_x = (0,1-0,25) P_z$ розраховують механізми руху подачі верстата.

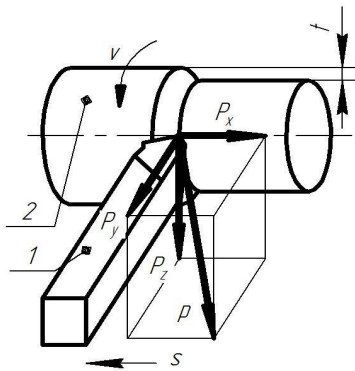


Рисунок 6.4 – Складові сили різання: 1 – різець; 2 – заготовка

У процесі різання відбувається робота, значна частина якої переходить у тепло, а отже й нагрівання інструмента, оброблюваної заготовки та стружки. Нагрівання інструмента призводить до погіршення його різальної здатності, а нагрівання заготовки – до зниження якості її обробленої поверхні (на ній з'являються відпали). Під час обробки необхідно використовувати такі параметри режиму різання, щоб уникнути вказаних негативних явищ [5].

6.2 Інструментальні матеріали

Під час обробки 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 з тим достатню ударну в'язкість, оскільки на інструмент діють великі сили, які найчастіше мають пульсувальний характер. Крім того, різальні елемен-

ти інструмента часто піддаються деформації згину, тому вони повинні бути досить міцними та зносостійкими [5].

Велике значення має теплопровідність інструментального матеріалу. Чим вона нижча, тим гірше відводиться тепло й тим вища температура інструмента 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 [5].

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, що 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 [5].

Тверді сплави одержують методом порошкової металургії. Їхню 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 інструмента. Тверді сплави мають високі твердість (87–91 HRA), теплостійкість (950–1200 °С) та опір зношуванню. Застосування інструментів з твердих сплавів дозволяє підвищити швидкість різання в 2–2,5 рази порівняно із значеннями v при використанні швидко-різальних сталей [5].

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 з подальшою термічною обробкою. Твердість мінералокераміки 90–93 HRA, теплостійкість – 1500 °С. Істотним недоліком мінералокерамічних пластинок є їхня низька механічна міцність, тому інструмент із неї застосовують тільки для тонкої остаточної обробки [5].

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 інструмента одержав назву композит з номерами 01, 02, 03, 05 тощо. Теплостійкість інструментів з композита 1000–1500 °С. Ним оснащують деякі види інстру-

ментів, використовуваних для обробки 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 обробки різанням. За твердістю синтетичні алмази лише несуттєво поступаються природним. Їхня теплостійкість порівняно низька – до 650 °С. Використовуються для обробки кристалів, кераміки, твердих сплавів, пластмас. Великі швидкості різання (1000–1200 м/хв) забезпечують високу продуктивність [5].

Крім перерахованих вище матеріалів у деяких випадках для виробництва інструментів знаходять застосування вуглецева інструментальна сталь. З неї виготовлялись інструменти від появи металообробки й до кінця першого десятиліття ХХ ст. Після термічної обробки 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 [5].

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 установаження та закріплення інструмента на верстаті [5].

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 обробки, що реалізується з їхньою допомогою: точіння, фрезерування, обробка отворів тощо. У зв'язку з цим, весь різальний інструмент можна розділити на 8 груп. Коротка характеристика інструмента кожної групи й сфера його застосування подані в таблиці 6.1 [5].

Одну й ту саму за формою оброблювану поверхню можна одержати інструментами різних груп. Вибір конкретного інструмента визначається типом виробництва, конфігурацією деталі, що виготовляється, її заданими квалітетами точності та шорсткістю оброблених поверхонь. Так, остаточна обробка отвору за 7–8 квалітетами точності (Н7–Н8), діаметром 40 мм, з шорсткістю $Ra = 5\text{--}10$ мкм може бути забезпечена зенкером, протяжкою або розточувальним різцем [5].

Таблиця 6.1 – Групи інструментів

№ групи	Назва групи	Коротка характеристика інструмента групи	Сфера застосування інструмента
I	Різці загально-го призначення	Однолезовий інструмент для обробки різанням та інструмент, що працює методом пластичного деформування	Обробка 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	Обробка 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	Багатозубцеві інструменти, наступні зубці яких вищі за попередні на певну висоту. Робота різання зубцями здійснюється послідовно	Обробка різних за формою зовнішніх та внутрішніх поверхонь (отворів, площин, пазів, уступів тощо)
V	Зуборізний інструмент	Одно- і багатозубцевий інструмент, що працює як за методом обкату, так й за методом копіювання	Нарізання зубців зубчастих коліс, шліців та інших складних профілів на деталях
VI	Різьбонарізний інструмент	Багатолезовий інструмент для обробки різанням та інструмент, що працює методом пластичного деформування	Нарізання зовнішніх та внутрішніх різьб різних типів
VII	Абразивний інструмент	Інструмент, робочі поверхні якого містять велику кількість зерен, що ріжуть, з різного роду абразивного матеріалу	Чистова обробка зовнішніх та внутрішніх поверхонь деталей після обробки лезовим інструментом
VIII	Ручний інструмент	Інструмент, яким працюють вручну, без використання верстата	Обробка поверхонь напилками, дрелями, зубилами тощо

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

Сферу застосування інструмента 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
Різьби	Різці, різбові гребінки, мітчики, плашки, різбові 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, що використовується під час обробки на верстатах токарної, стругальної й довбальної груп. Токарна обробка дозволяє одержати різні форми поверхонь, з використанням тих чи інших видів різців (рисунок 6.5). Різці, призначені для обробки зовнішніх поверхонь, не мають спеціальної назви, а різці, призначені для обробки внутрішніх поверхонь, називають розточувальними (рисунок 6.5, и). Основна класифікація різців – за видом виконуваної роботи. Так, прохідні різці слугують для обробки 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). Для обробки прямих канавок та для відрізання матеріалу слугують відрізні різці (рисунок 6.5, д). Під час обробки фасонних канавок та виступів застосовують фасонні різці (рисунок 6.5, е). Нарізання метричної різьби здійснюють різбовим різцем (рисунок 6.5, ж), який має кут при вершині рівний 60° , що відповідає куту профілю різьби.

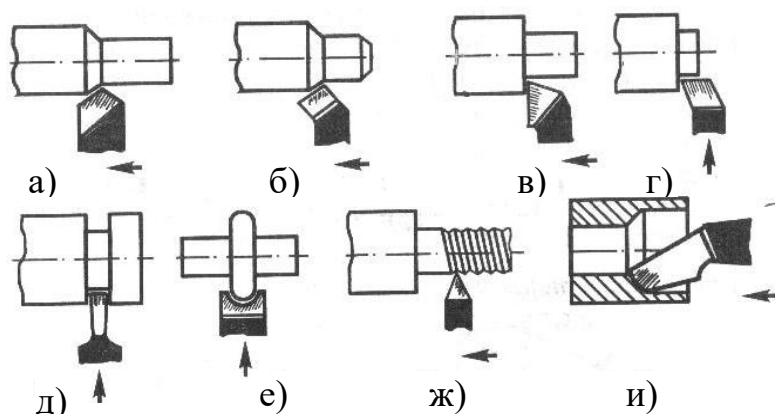


Рисунок 6.5 – Токарні різці: а – прохідний прямий; б – прохідний відігнутий; в – прохідний упорний; г – підрізний; д – відрізний; е – фасонний; ж – різьбонарізний; и – розточувальний

Використовується ще ряд класифікацій інструментів. Так, різальна частина може бути виконана зі швидкорізальної сталі, твердого сплаву, мінералокераміки, надтвердих синтетичних матеріалів. За конструкцією різці



Рисунок 6.6 – Різці із ЗБП

можуть бути суцільними (при малих габаритах інструмента), складеними та збірними. 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 [5] (рис.

сунок 6.6).

Фрези

Фрези – основний вид інструментів для попередньої, а часто й для остаточної обробки плоских, циліндричних, фасонних, гвинтових поверхонь. Точність обробки відповідає IT7–IT12, шорсткість $Rz = 80\text{--}5\text{ мкм}$. За один

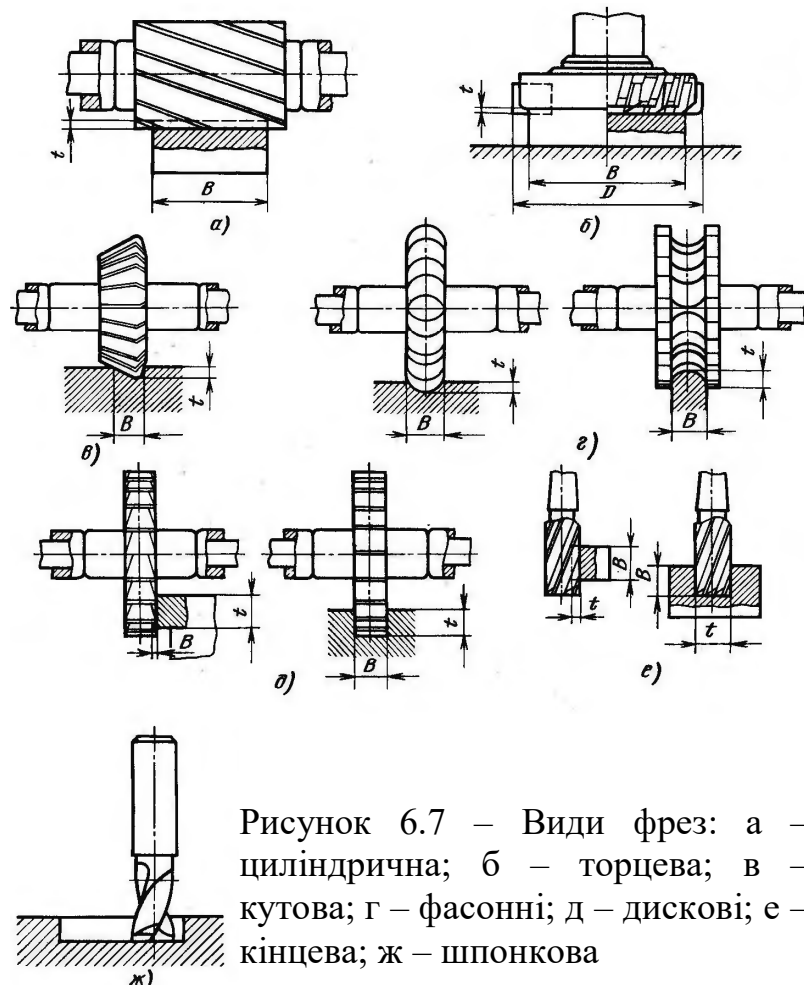


Рисунок 6.7 – Види фрез: а – для чорнової обробки циліндрична; б – торцева; в – при великих глибинах кутова; г – фасонні; д – дискові; е – кінцева; ж – шпонкова

прохід при фрезеруванні знімають припуск до 5–8 мм, а іноді й до 12–20 мм [5].

За конструктивно-цільовою ознакою фрези поділяють на циліндричні, торцеві, кінцеві, дискові, відрізні, фасонні, шпонкові та інші (рисунком 6.7).

Циліндричні та торцеві фрези з дрібним зубом використовують для чистової ($Ra < 2,5\text{ мкм}$) і напівчистової ($Ra < 10\text{ мкм}$) обробки плоских поверхонь, фрези з крупним зубом

нок 6.7, е) слугують для обробки нешироких площин, уступів, пазів. Шпонкові фрези (рисунок 6.7, ж) призначені для обробки шпонкових пазів. Дисккові тристоронні фрези (рисунок 6.7, д) слугують для фрезерування пазів, уступів або нешироких площин. Для обробки 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-приспівальною 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 інструмента. 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.



Рисунок 6.8 – Обробка складеною кінцевою фрезою із ЗБП

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) [5].

Вибір виду та конструкції фрези здійснюють залежно від виду й характеру обробки (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 [5].

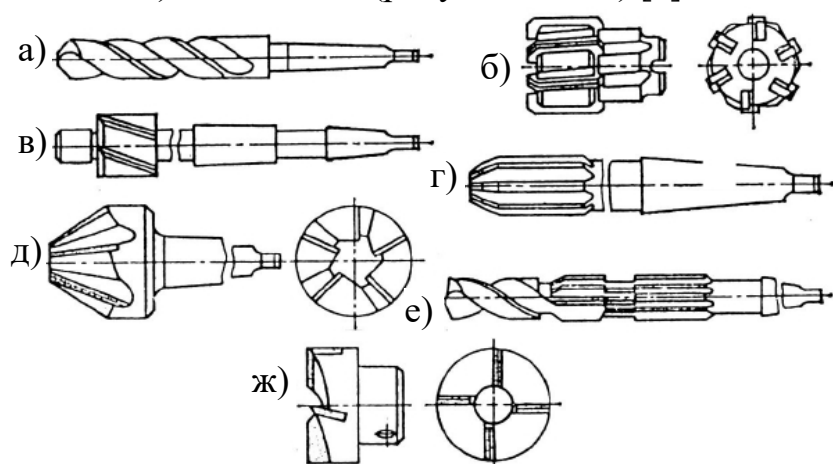
Свердла, зенкери, розвертки

Ці інструменти належать до групи осьових і слугують для обробки 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 ІТ12– ІТ14 й шорсткістю $Ra=0,8-25$ мкм [5].

Для обробки попередньо виконаних отворів із досягненням більш високої точності (ІТ10–ІТ11) і зниженням шорсткості до $Ra=0,4-20$ мкм оброблених поверхонь використовують зенкери (рисунок 6.9, б) [5].

Одержання отворів за ІТ7–ІТ8 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 ($Z=5-11$) й знімає шар металу товщиною 0,05–0,2 мм на діаметр [5].

Для обробки циліндричних заглиблень в отворах або виступів (бобишок) на зовнішніх поверхнях застосовують цеківки: внутрішні (рисунок 6.9, г) та зовнішні (рисунок 6.9, д) [5].



Конічні заглиблення під головки болтів та гвинтів одержують зенківкою (рисунок 6.9, е). Для одержання точних отворів в умовах великосерійного та масового виробництва доцільно використовувати комбінований інструмент – свердла-зенкери-розвертки (рисунок 6.9, ж) [5].

Рисунок 6.9 – Осьовий різальний інструмент: а – свердло; б – зенкер; в, ж – цеківки; г – розвертка; д – зенківка; е – свердло-зенкер-розвертка

Протяжки

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

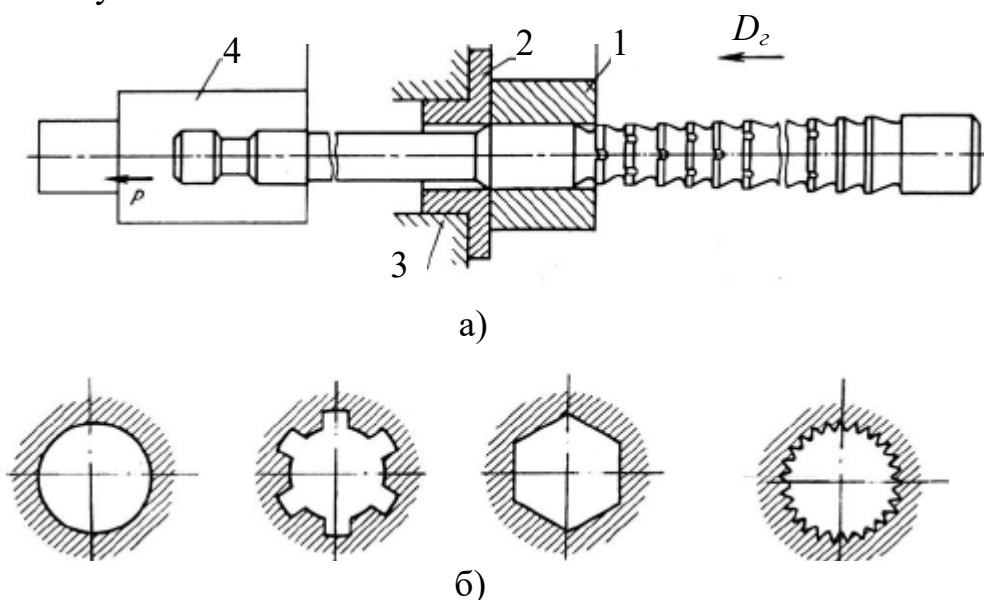


Рисунок 6.10 – Схема протягування (а) та форми протягнутих отворів (б): 1 – заготовка; 2, 3 – пристосування; 4 – виконавчий елемент верстата

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 (звичайно $v=5-6$ м/хв), цей процес дуже продуктивний. Обробка круглого отвору займає десяти частки хвилини [5].

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 розробки методу копіювання – нарізання зубів дисковими або пальцевими фасонними зуборізними фрезами. Останні мають профіль, що відповідає западині зуба оброблюваного колеса. Після фрезерування однієї западини заготівку 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 [5].

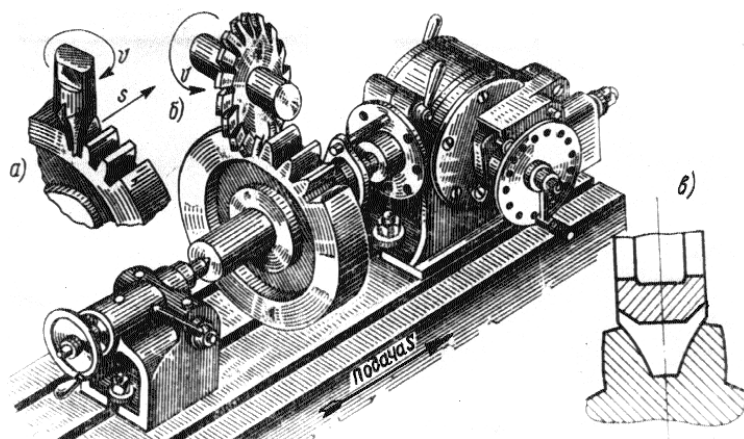


Рисунок 6.11 – Обробка зубів методом копіювання: а – пальцевою фрезою; б, в – дисковою фрезою; 1 – ділильна головка

заготівка взаємно обкатуються і внаслідок передачі інструменту руху різання, він поступово зрізає метал у місцях западин, утворюючи евольвентний 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 обробки зубів на зубофрезерному верстаті. Головним рухом D_r буде обертальний рух фрези, рухом подачі D_s – поступальний рух супорта з установленою на ньому

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 заготівка є однією ланкою пари, а різальний інструмент – іншою. У процесі обробки різальний інструмент та заготівка взаємно обкатуються і внаслідок передачі інструменту руху різання, він поступово зрізає метал у місцях западин, утворюючи евольвентний профіль зубів.

фрезою, що забезпечує обробку зуба по всій ширині, рухом ділення $D_{s.kp}$ – обертальний рух заготовки.

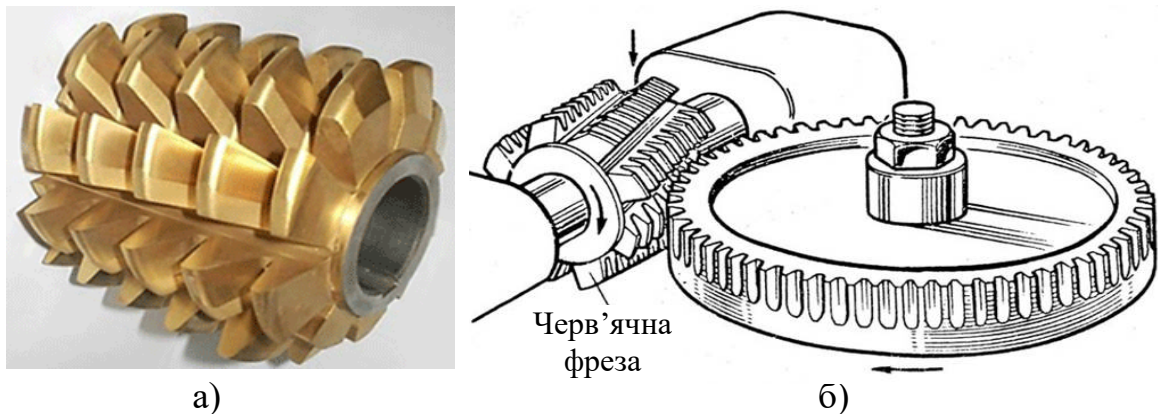


Рисунок 6.12 – Черв'ячна фреза (а) та схема нарізання шестерні (б)

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).

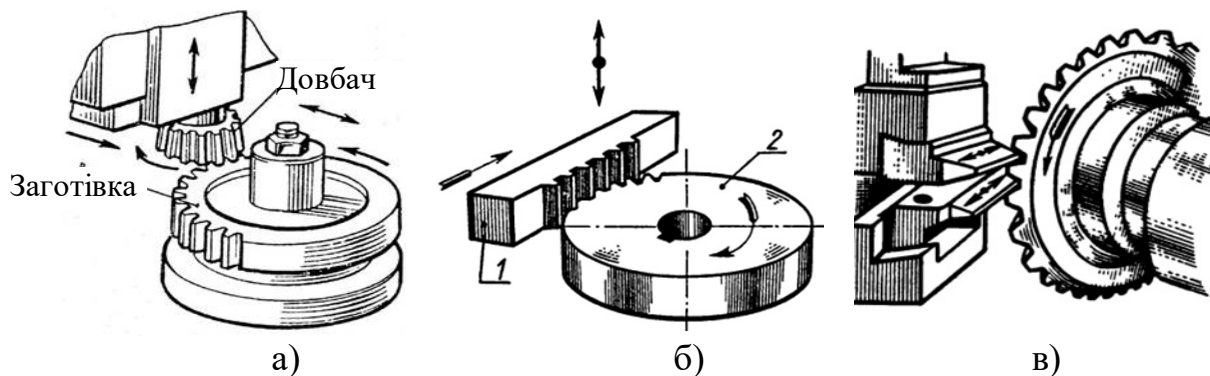


Рисунок 6.13 – Нарізання зубів: а – довбачем; б – рейкою; в – різцями

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 їхніх зворотно-поступальних переміщеннях у протиході. Після обробки одного зуба ділительний механізм верстата повертає заготівку для обробки наступного зуба й так до завершення обробки всіх зубів конічного колеса.

Різьбонарізний інструмент

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

Досить поширеним є нарізання різьби різцями на токарно-гвинторізних верстатах (див. рисунок 6.5, ж). В такий спосіб можна одержувати зовніш-

ні та внутрішні різьби гострокутного, трапецеїдального, прямокутного профілю. Різьбові різці є різновидом фасонних інструментів з формою різальної частини, що відповідає профілю різьби. Нарізання здійснюється в кілька проходів, кількість яких залежить від кроку різьби та необхідної точності. Недоліком такого способу є мала продуктивність [5].

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



а)



б)

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



Рисунок 6.15 – Різьбонарізна головка

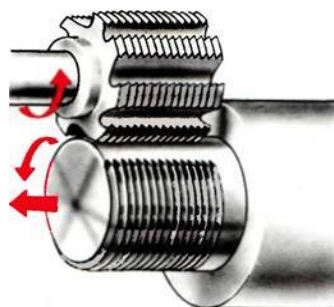


Рисунок 6.16 – Нарізання різьби гребінчастою фрезою

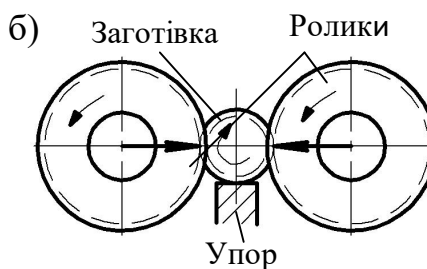
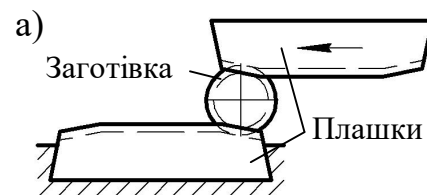


Рисунок 6.17 – Схеми накатування різьби плашками (а) та роликами (б)

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

Різьбу 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) [5]. Обидва інструменти працюють комплектом, що складається з двох елементів. Під час накатування оброблений поверхневий шар різьби одержує більш високі механічні властивості (підвищені твердість та міцність).

Абразивний інструмент

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

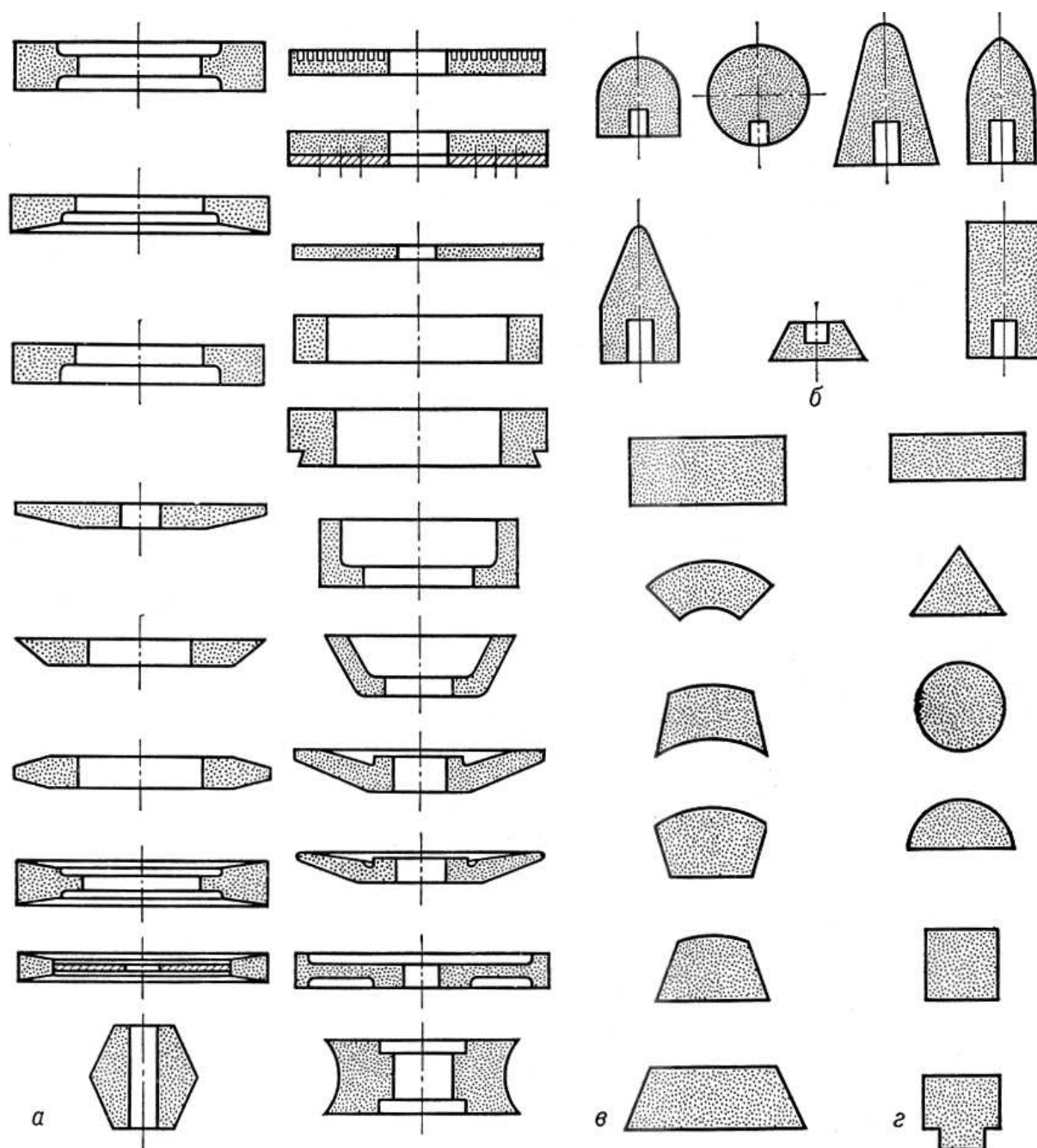


Рисунок 6.18 – Шліфувальні круги (а), головки (б), сегменти (в), бруски (г)

Шліфувальні круги (рисунок 6.18, а) являють собою тіла обертання й призначені для шліфування деталей з різних матеріалів. Шліфувальні го-

ловки випускають семи типорозмірів (рисунок 6.18, б). Вони слугують для шліфування в деталях отворів малого розміру та зачищення деталей з використанням ручного інструмента. Сегменти (рисунок 6.18, в) головним чином, використовуються для виготовлення кругів переривчастого різання, що забезпечує їхню 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). При цьому круглим шліфуванням (рисунок 6.19, а–г) називають обробку поверхні обертання, плоским шліфуванням (рисунок 6.19, д, е) – обробку плоскої поверхні, профільним шліфуванням – обробку поверхні, твірна якої є кривою або ламаною лінією, сферошліфуванням – обробку сферичної поверхні, зубошліфуванням – обробку бічних поверхонь зубів зубчастих коліс, різьбошліфуванням – обробку бічних сторін та западин профілю різьби, шліцьошліфуванням – обробку шліцьових поверхонь.

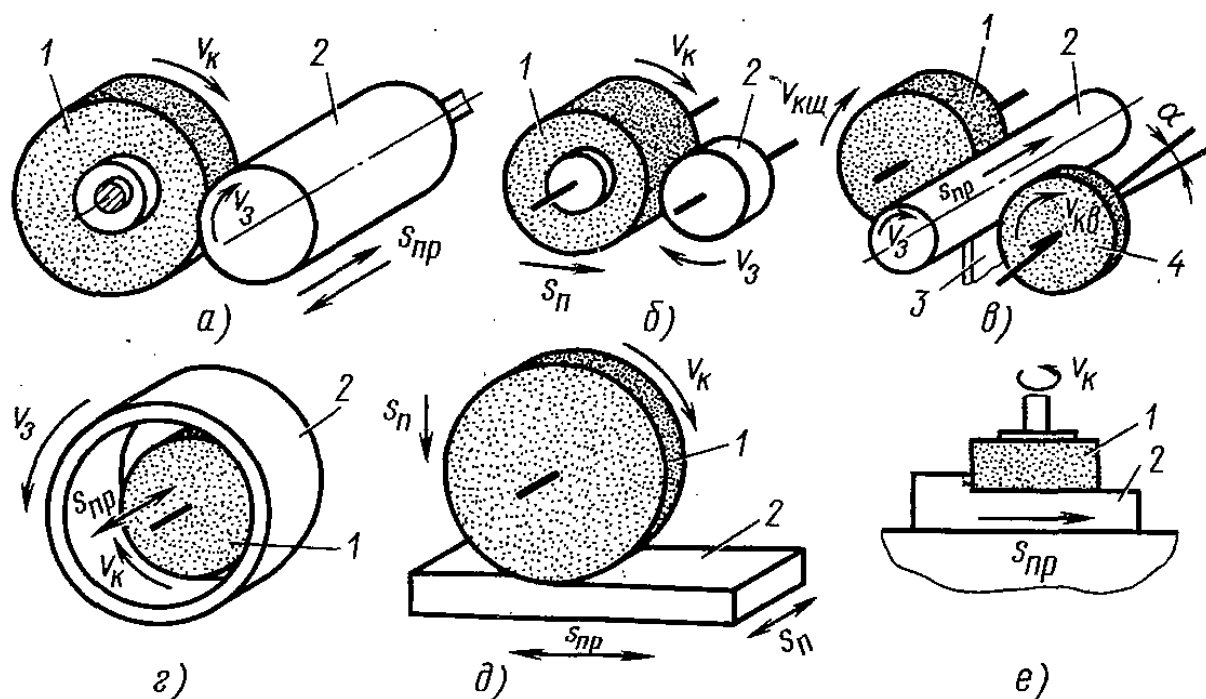


Рисунок 6.19 – Схеми основних видів шліфування: а, б – круглого зовнішнього; в – круглого безцентрового; г – круглого внутрішнього; д – плоского периферією круга; е – плоского торцем круга; 1 – шліфувальний круг; 2 – заготовка; 3 – опорний ніж; 4 – ведучий круг

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 – рису-

нок 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 $v_{ки}$ та $v_{кв}$ – рисунок 6.19, в), а також рухами подачі – кругової подачі (обертанням) заготовки 2 – v_z , поздовжньою $s_{пр}$ та поперечною s_n подачами заготовки або круга.

Швидкість різання при шліфуванні перевищує швидкість різання при лезовій обробці 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.

Контрольні запитання

1. З яких основних частин складається різальний інструмент, яким є призначення даних частин?
2. Якими є рухи заготовки та інструмента в процесі різання?
3. Назвіть поверхні заготовки в процесі її механічної обробки різанням.
4. Як відбувається процес стружкоутворення в процесі обробки заготовки різанням? Хто вперше установив закони стружкоутворення?
5. Які ви знаєте параметри режиму різання?
6. Назвіть основні складові сили різання при точінні, як вони спрямовані, в яких розрахунках враховуються?
7. Які вимоги висуваються до інструментальних матеріалів?
8. Назвіть основні групи інструментальних матеріалів. Розкажіть про їхні основні властивості та сферу застосування.
9. Які ви знаєте групи різальних інструментів? Дайте характеристику даних груп, розкажіть про їхнє застосування.
10. Розкажіть про основні види токарних різців.
11. Які ви знаєте види фрез, для чого вони використовуються?
12. Який ви знаєте осьовий різальний інструмент, для чого він використовується, які параметри точності та шорсткості забезпечує?
13. Для обробки яких поверхонь використовуються протяжки?
14. Який ви знаєте зуборізний інструмент та методи нарізання зубів коліс?
16. Який вам відомий різьбонарізний інструмент?
17. Який існує абразивний інструмент, що він собою являє?
18. Які ви знаєте основні види шліфування?

7 МЕТАЛОРИЗАЛЬНІ ВЕРСТАТИ

Металорізальні верстати є основним видом технологічного обладнання машинобудівних заводів.

Як класифікаційні ознаки для металорізальних верстатів можуть бути прийняті: технологічний метод обробки, вид застосовуваного різального інструмента, ступені концентрації й автоматизації операцій, рівень спеціалізації тощо.

Залежно від реалізованого на верстатах технологічного методу обробки їх поділяють на такі групи: токарні (1); свердлильно-розточувальні (2); шліфувальні та довідні (3); для електрофізичної та електрохімічної обробки (4); зубо- і різьбооброблювальні (5); фрезерувальні (6); стругальні, довбальні та протягувальні (7); розрізні (8); різні (9) (рисунок 7.1).

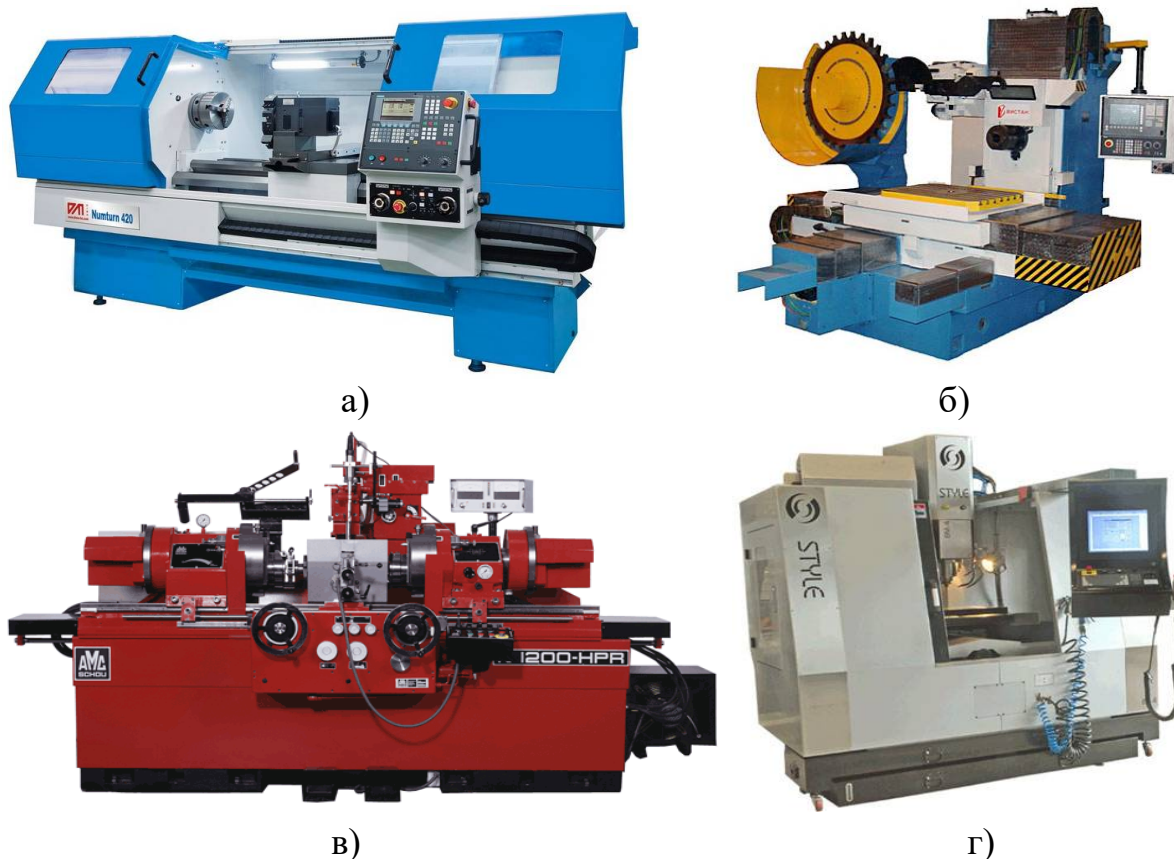


Рисунок 7.1 – Сучасні верстати основних груп: а – токарний з ЧПК; б – свердлильно-фрезерно-розточувальний з ЧПК; в – круглошліфувальний; г – фрезерний з ЧПК

Кожна група може містити до 10 типів верстатів. Так, верстати першої групи (токарні) поділяють на: одношпиндельні автомати (1-й тип), багатошпиндельні автомати (2-й тип), токарно-револьверні (3-й тип) тощо.

За видом застосовуваного інструмента верстати підрозділяють на такі, що працюють однолезовим інструментом (рисунок 7.2, а), багатолезовим

(рисунок 7.2, б), осьовим (рисунок 7.2, в) або абразивним (рисунок 7.2, г) інструментом [5].

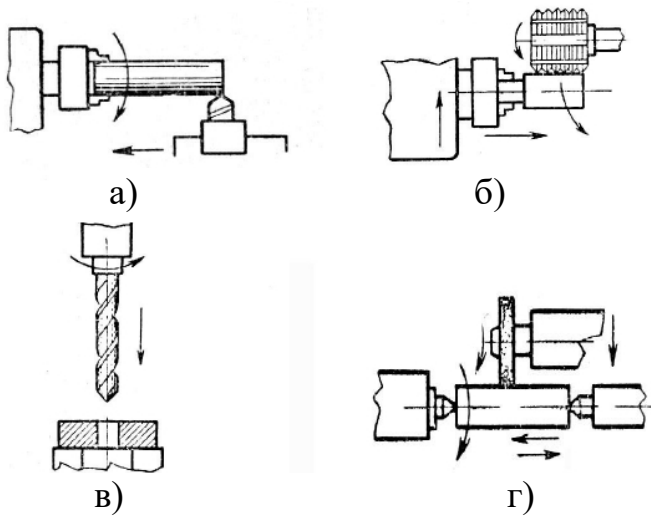


Рисунок 7.2 – Схеми застосування на верстатах основних видів інструментів: а – однолезового; б – багатолезового; в – осьового; г – абразивного

За ступенем концентрації операцій, виконуваних на верстаті, вони можуть бути одноінструментальними (рисунок 7.3, а), багатоінструментальними (рисунок 7.3, б) або багатопозиційними (рисунок 7.3, в). Обробка на багатоінструментальних верстатах забезпечує підвищення продуктивності за рахунок одночасного різання декількома інструментами. Багатопозиційні металорізальні верстати дозволяють обробляти на них одразу кілька деталей одночасно [5].

За рівнем спеціалізації верстати поділяють: на універсальні (призначені для виконання різноманітних операцій для широкої номенклатури заготовок); широкого призначення (виконують обмежену кількість різних операцій при широкій номенклатурі заготовок); спеціалізовані (забезпечують обробку деталей одного типу різних розмірів); спеціальні (служать для обробки одного типорозміру деталей).

За ступенем автоматизації розрізняють верстати з ручним керуванням, напівавтомати, автомати та верстати з ЧПК. Під час використання верстатів з ручним керуванням

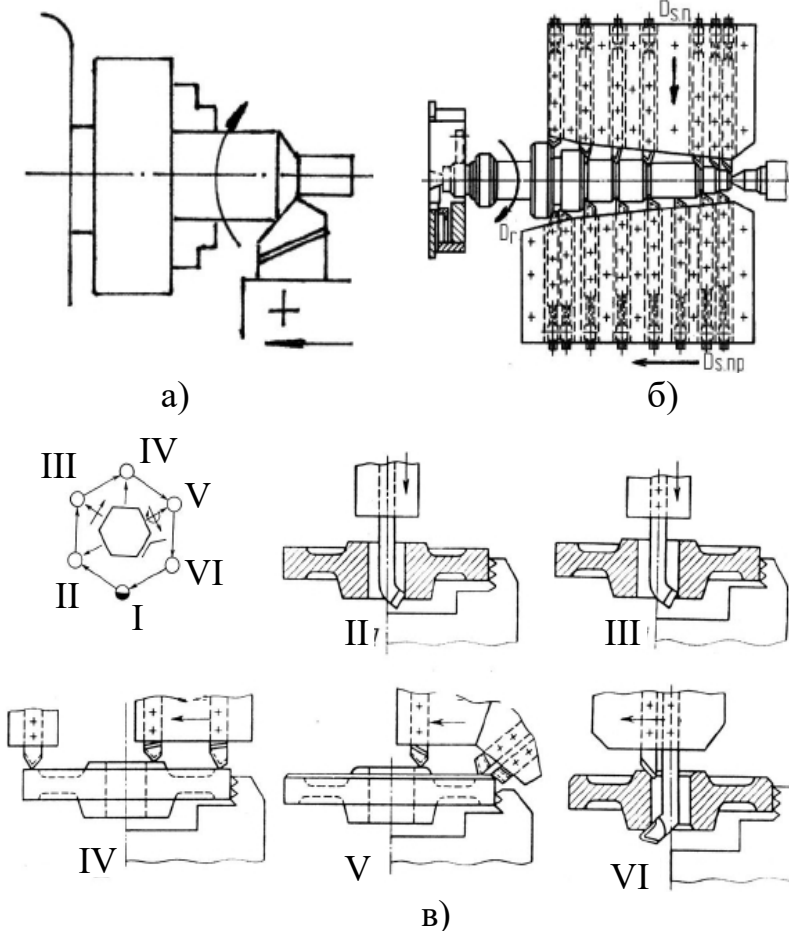


Рисунок 7.3 – Схеми обробки: а – одноінструментальна; б – багатоінструментальна; в – багатопозиційна (I – завантажувальна позиція, II – VI – обробні позиції)

як основні операції (механічної обробки різанням), так й допоміжні (установлення і закріплення заготовки та інструмента, підведення та відведення останнього до й від заготовки, знімання деталі після обробки, її контроль) виконуються за участю робітника. При експлуатації напівавтоматів робітник вручну встановлює на верстат заготовки, подає команду на повторення робочого циклу та знімає з верстата після обробки деталі, тоді як решта операцій виконуються автоматично. Автомат потребує тільки запуску в дію, а також періодичного догляду, обслуговування й ремонту. Верстат з ЧПК працює за заздалегідь складеною та легко замінюваною програмою.

Всі моделі верстатів позначають цифрами та буквами. Перша цифра визначає його групу, друга – тип. Наступні одна або дві цифри характеризують один з основних параметрів верстата – висоту центрів для токарних верстатів, діаметр столу для карусельних, максимальний розмір оброблюваного отвору для свердлильних тощо. Для верстатів з ЧПК в позначення додатково вводиться буква Ф з наступною цифрою, що визначає тип системи ЧПК. Наприклад, модель 16К20Ф3 належить до групи токарних верстатів, тип – токарно-гвинторізні, з висотою центрів 200 мм, модифікації К, з контурною системою ЧПК (Ф3) [5].

Незважаючи на велику розмаїтість груп та типів верстатів, можна виділити основні вузли, що є в будь-якій моделі обладнання (рисунок 7.4). Коробка швидкостей 1 забезпечує необхідну швидкість головного руху заготовки (або інструмента). Регулювання швидкості може бути східчастим (за допомогою рукоятки 5) або безступінчастим. Коробка подач 2, у свою чергу, забезпечує необхідні значення величин подач, тобто швидкості лінійного руху інструмента або заготовки (у токарному верстаті – супорта 4 з інструментом). У верстата повинні бути рукоятки керування, призначені для

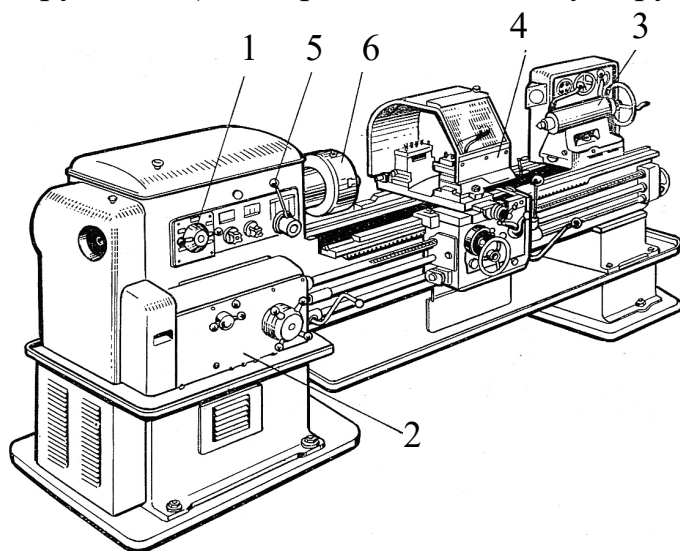


Рисунок 7.4 – Токарно-гвинторізний верстат: 1 – коробка швидкостей; 2 – коробка подач; 3 – задня бабка; 4 – супорт; 5 – рукоятка керування; 6 – пристосування для закріплення заготовки (патрон)

пуску й зупинки його окремих механізмів, вмикання необхідних подач і частот обертання заготовки або інструмента тощо. Закріплення заготовки здійснюють у змінному пристосуванні, установлюваному на верстаті. На токарних верстатах з цією метою часто використовують трикулачковий самоцентрувальний патрон 6 й задню бабку 3 з піноллю та центром.

Ступінь автоматизації металорізальних верстатів визначає їхню продуктивність. При використанні універсальних верстатів з ручним ке-

руванням питома вага машинного часу (часу різання) становить 20–30% від загального часу обробки. Це означає, що в даному випадку значну частину роботи в процесі виготовлення виробів виконує людина. Застосування спеціальних та спеціалізованих верстатів, напівавтоматів й автоматів дозволяє підвищити частку машинного часу до 70–80% і створити на їхній базі автоматичні лінії.

Автоматична лінія є рядом автоматично керованих верстатів, транспортних пристроїв та контрольних механізмів (приладів), що узгоджено працюють, і за допомогою яких без участі людини виконуються операції обробки, міжопераційного переміщення заготовок і контролю.

На рисунку 7.5 наведена схема автоматичної лінії для виготовлення деталі типу «зубчасте колесо» (зверху) та схеми обробки на ній заготовки (знизу). Лінія містить ряд верстатів-автоматів, в тому числі для остаточної обробки зубців деталей (зубозаокруглення та зубошевінгування) з метою підвищення якості їхніх поверхонь і зменшення тертя в процесі роботи коліс. При цьому всі верстати лінії об'єднані єдиною автоматизованою транспортною системою.

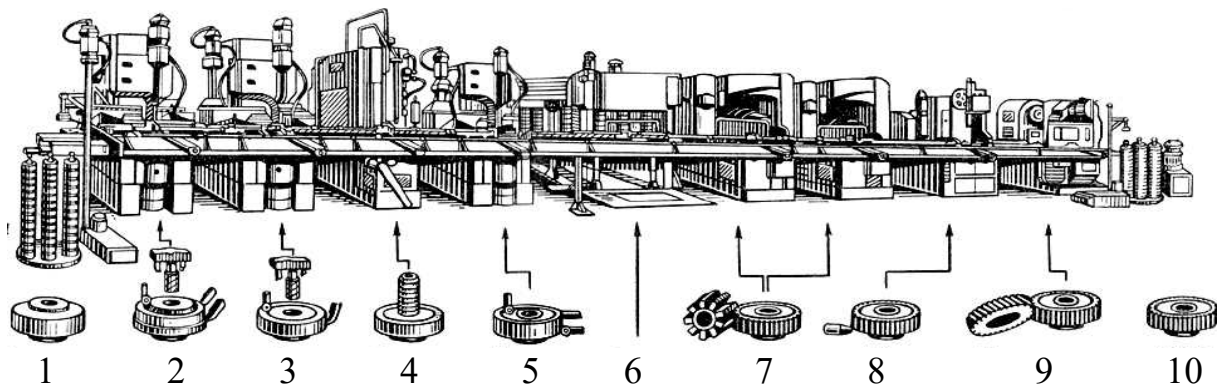


Рисунок 7.5 – Схема автоматичної лінії для виготовлення деталі типу «зубчасте колесо» (зверху) та схеми обробки на ній заготовки (внизу): 1 – заготовка; 2, 3 – перша й друга токарна й фрезерна операції; 4 – протягування; 5 – чистова токарна операція; 6 – бункер; 7 – фрезерування; 8 – зубозаокруглення; 9 – зубошевінгування; 10 – деталь

Використання для обробки автоматичних ліній дозволяє у кілька разів зменшити кількість робітників, скоротити число верстатів та виробничу площу, підвищити продуктивність праці. У той же час спеціальні верстати й автоматичні лінії на їхній основі не є гнучкими, тобто не можуть перенастроюватись та переходити на виготовлення нових виробів, оскільки вони працюють за жорсткими цикловими програмами. Застосування універсальних верстатів, що мають достатню гнучкість, при переході на виготовлення нових виробів, як правило, не потребує радикального переоснащення виробництва та значних витрат. Однак продуктивність праці в цьому випадку є низькою [5].

Однотиме забезпечення гнучкості, універсальності та високого ступеня автоматизації обладнання стало можливим з появою верстатів з ЧПК (див. рисунок 7.1), при використанні яких істотно спрощується та прискорюється переналагодження, оскільки витрати часу на розробку і запис програми керування верстатом відносно невеликі. Досвід експлуатації верстатів з ЧПК показав, що при їхніх безперечних перевагах для обслуговування даного обладнання необхідно залучати фахівців з електроніки, математики, а також програмістів та наладчиків високої кваліфікації. Але введення до штату названих фахівців має сенс, якщо верстати з ЧПК застосовуються великими групами. Однак і в цьому випадку обладнання експлуатується не найкращим чином через великі втрати часу, пов'язані з передачею деталей від одного верстата до іншого [5].

Ідея числового програмного керування виявилася досить плідною з появою багатоцільових верстатів (БЦВ), на кожному з яких можна виконувати велику кількість різноманітних фрезерувальних, розточувальних, свердлильних та різьбонарізних операцій. Основною відмінністю БЦВ став інструментальний магазин з набором інструментів у 30 та більше одиниць. Завдяки концентрації операцій на одному робочому місці, високому рівню автоматизації та скороченню допоміжного часу продуктивність праці під час експлуатації багатоцільових верстатів є у 3–4 рази вищою, ніж при застосуванні універсального обладнання [5].

Саме по собі таке складне обладнання, яким є БЦВ, не може працювати без допоміжних пристроїв. Якою б складною не була деталь, рано чи пізно цикл її обробки закінчується; деталь необхідно зняти з верстата та установити на її місце наступну заготовку. При виготовленні більшості типів деталей з цією задачею цілком успішно можуть впоратись промислові роботи. Складніше в цьому плані з великими корпусними деталями. Тому було запропоновано кріпити їхні заготовки на так званих супутниках (палетах) – рухомих платформах, що можуть займати на робочому столі верстата точно визначене положення. Кілька таких супутників, ще на початку першої зміни, складуються на транспортері спеціального накопичувача, що знаходиться поруч з верстатом і за командою ЧПК по черзі подаються на робочий стіл верстата, а після обробки заготовок повертаються до накопичувача, що забезпечує автоматичне завантаження та розвантаження верстата.

Багатоцільові верстати із системою супутників або з промисловим роботом відповідають всім вимогам, що висуваються до гнучкого автоматизованого виробництва. Вони можуть у будь-який момент і за мінімальний час переходити на обробку нових деталей, для чого необхідно тільки замінити програму обробки. Безперебійну роботу багатоцільового верстата можуть забезпечити автоматичні системи заміни інструмента, транспортування, установлення та знімання заготовок, видалення стружки, подачі охолодної рідини і мастила, засоби контролю за точністю обробки, діагностування стану інструмента. Саме такі технологічні комплекси в складі верстата з ЧПК, пристроїв завантаження, системи забезпечення безперебійної

роботи, а також керувальних пристроїв на базі ЕОМ, розглядають як гнучкі виробничі системи (ГВС) [5].

Організаційно ГВС має ієрархічну структуру, першим рівнем якої є гнучкий виробничий модуль (ГВМ) (рисунок 7.6). Заготівки, закріплені на



палетах 1, переміщуються зі складу автоматичним транспортом й подаються на двомісний накопичувач 2, установлений біля верстата. Далі за програмою палета із заготівкою переміщується на робочий стіл під шпиндель 6 й обробляється за допомогою інструментів, що подаються маніпулятором 4 з інструментального магазину 3.

Рисунок 7.6 – ГВМ для обробки корпусних деталей: 1 – палета; 2 – двомісний накопичувач палет; 3 – інструментальний магазин; 4 – маніпулятор для встановлення інструмента в шпиндель; 5 – пристрій ЧПК; 6 – шпиндель

Залежно від кількості встановленого обладнання, на його базі можна створити

гнучку лінію, ділянку або навіть цех. У загальному випадку ГВС (рисунок 7.7) є системою з комплексно автоматизованим виробничим процесом, робота всіх частин якої (верстатів, транспортних засобів, засобів контролю, інструментального забезпечення тощо) координується за допомогою ЕОМ [5].

ГВС може містити [5]:

- технологічну систему, що є сукупністю взаємозалежних технологічних машин (верстатів з ЧПК, промислових роботів, маніпуляторів тощо), які здійснюють в автоматичному режимі завантаження-розвантаження та механічну обробку заготовок;

- транспортну систему, що складається з транспортних й накопичувальних пристроїв, які забезпечують міжопераційне збереження та доставку заготовок, пристосувань, готових деталей до основного технологічного обладнання й автоматичного складу;

- складську систему, що слугує для збереження нормативного запасу заготовок, пристосувань та інструмента, видачі їх у виробництво, накопичення і збереження готових деталей;

- систему інструментального забезпечення, що призначена для оперативної підготовки та збереження інструментальних наладок й пристосу-

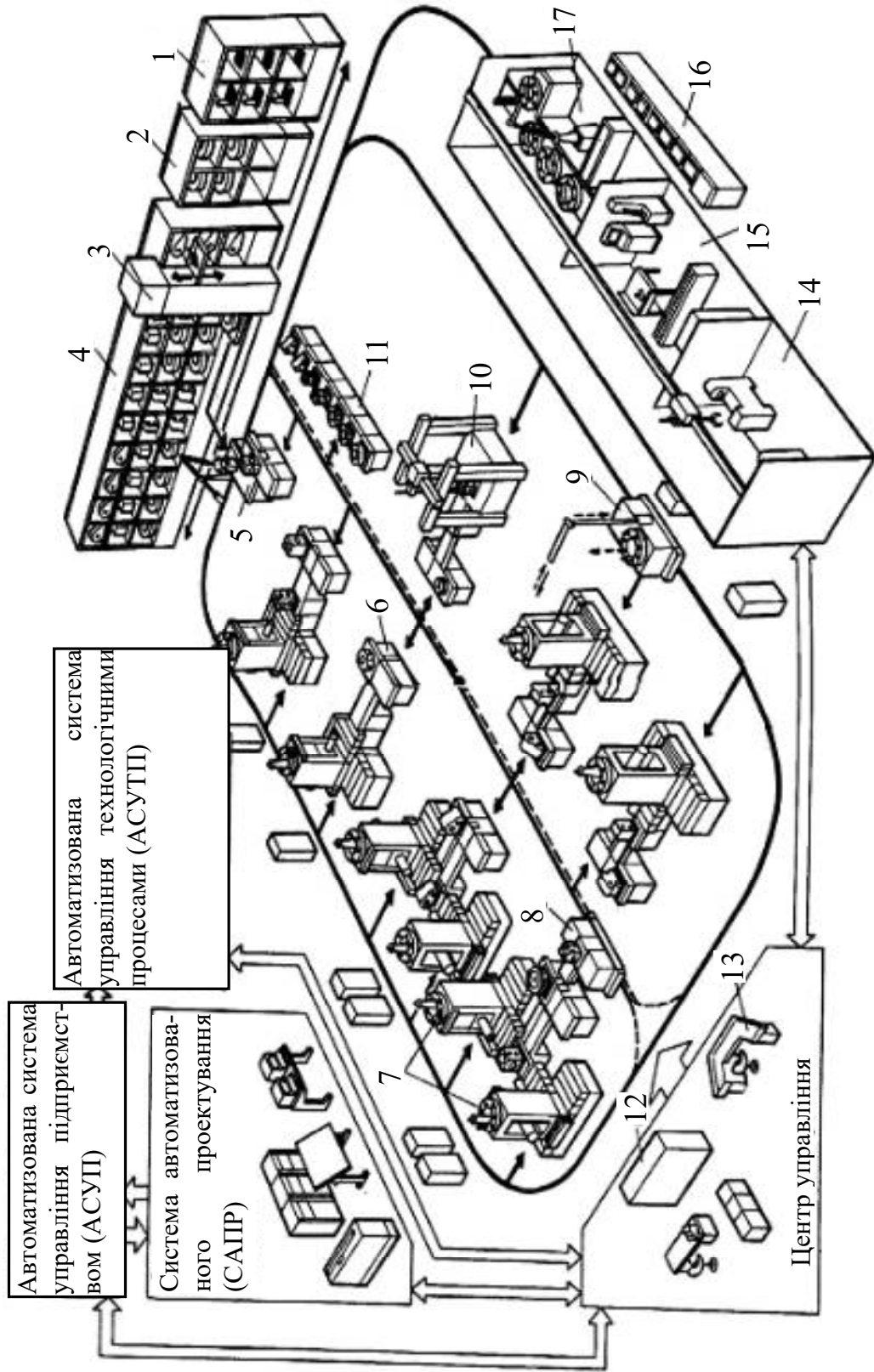


Рисунок 7.7 – ГВС: 1 – склад палет; 2 – інструментальні магазини; 3 – штабелер, 4 – заготовки і деталі; 5 – монтажний стіл; 6 – накопичувач; 7 – верстати, 8, 9 – транспортні роботи; 10 – вимірювальна машина; 11 – накопичувач палет; 12 – БОМ; 13 – пульт оператора; 14 – ділянка заточування інструмента; 15 – ділянка комплектування та налаштування інструмента; 16 – ділянка складання палет; 17 – ділянка складання магазинів

вань, їхнього контролю, обліку та доставки інструмента й оснащення до основного технологічного обладнання;

- систему контролю, що здійснює перевірку технічних засобів ГВС та деталей, діагностику працездатності автоматичного обладнання, яке входить до складу технологічної, транспортної, складської систем, системи інструментального забезпечення;

- систему керувального, що складається із засобів обчислювальної техніки у вигляді керуючого обчислювального комплексу із програмним забезпеченням та призначена для: розробки оперативних завдань для верстатів й систем обслуговування (опрацювання, передачі і накопичення інформації, яка використовується для узгодження переміщення в просторі та часі заготовок, інструментів, оснащення тощо); обліку виконання планових завдань; керування технологічним та допоміжним обладнанням (опрацювання, передачі й накопичення інформації, що належать до технологічних режимів обробки, маршрутів тощо).

Іншим прикладом гнучкого автоматизованого виробництва може слугувати ГВС з конвеєром 4 як транспортна підсистема (рисунок 7.8), що зв'язує автоматизований склад 1, фрезерувальний 7 та токарний 8 верстати з ЧПК і автоматизовані контрольні прилади 3. При цьому автоматизований склад 1 обслуговується краном-штабелером 2, а верстати 7, 8 – промисловими роботами 6. Заготовки, що обробляються, переміщуються між елементами даної ГВС на палетах 5 (пристосуваннях-супутниках). На рисунку 7.9 подано фотографію даної ГВС.

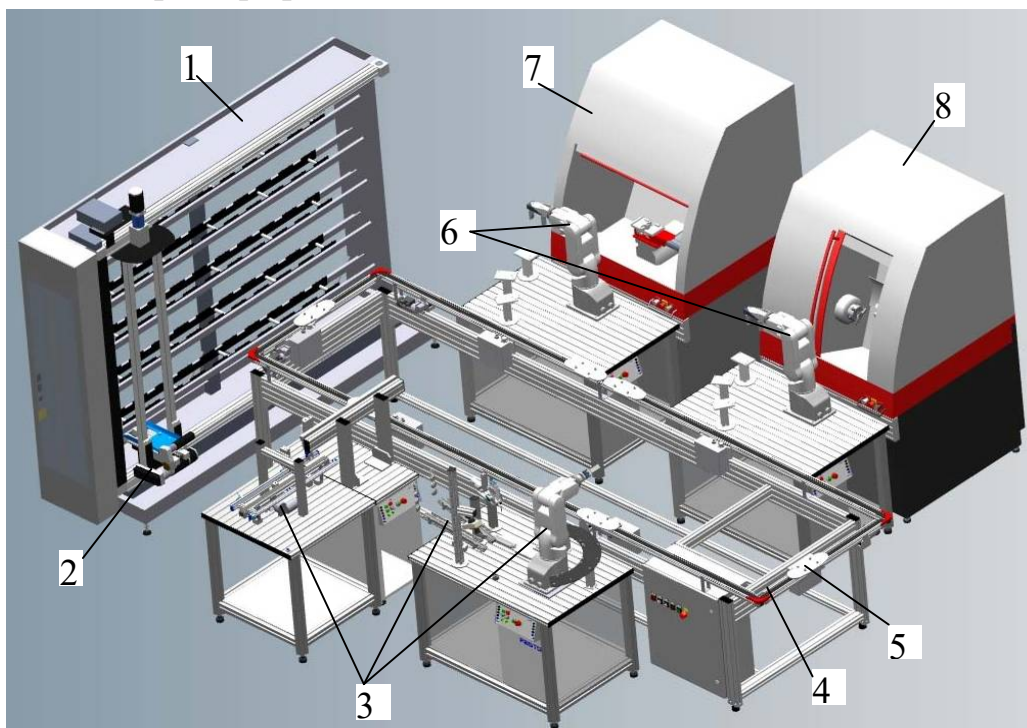


Рисунок 7.8 – 3Д-модель сучасної ГВС: 1 – автоматизований склад; 2 – кран-штабелер; 3 – автоматизовані контрольні прилади; 4 – транспортна підсистема (конвеєр); 5 – палети; 6 – промислові роботи; 7 – фрезерувальний верстат з ЧПК; 8 – токарний верстат з ЧПК



Рисунок 7.9 – Сучасна ГВС з конвеєрною транспортною системою

У світовому верстатобудуванні вже багато десятиліть йде важка боротьба за точність металообробки. Під час обробки заготовка та інструмент обертаються, повертаються, переміщуються з різними швидкостями. У метало­різальних верстатах з механічними приводами існує межа точності переміщень через люфти в передачах (рисунок 7.10, а). Однак промисловість потребує виробів високої точності. Тому з'явилась ідея мехатронного верстата (рисунок 7.10, б) [5].

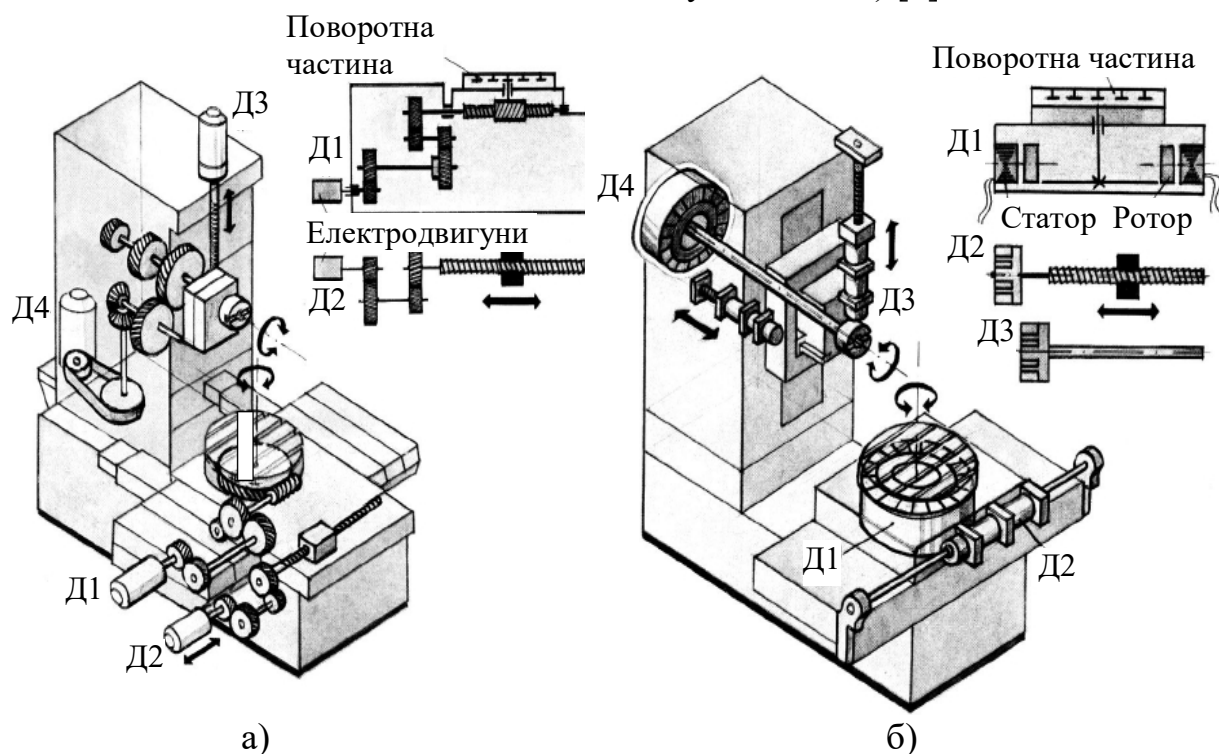


Рисунок 7.10 – Металорізальні верстати: а – з механічними приводами; б – з мехатронними приводами

Принцип мехатроніки зовні простий: заготовку, яку необхідно обертати, безпосередньо, без використання проміжних зубчастих передач, зв'язують з валом синхронного електродвигуна. Так само безпосередньо від електродвигуна, обертання передається й на шпиндель, в якому закріплений інструмент. До електродвигуна кожного привода підводять напругу від електронного блоку. В результаті зміни частоти струму з'являється можливість безступінчасто та в широких межах регулювати величину швидкості переміщення заготовки й інструмента. Так, ротор синхронного

двигуна одного з мехатронних верстатів може обертатись з мінімальною частотою 0,03 об/хв (приблизно 2 об/год). Аналогічно можна забезпечити лінійні переміщення заготовки та інструмента, використовуючи кулькову гвинтову пару, у якій гвинт є ротором синхронного електродвигуна, а гайка закріплена, наприклад, на супорті верстата. Точність лінійного позиціонування для однієї з моделей мехатронного верстата становить 10 мікрометрів порівняно з 16 мікрометрами у аналогічного за призначенням багатоцільового верстата з ЧПК [5].

В останні десятиліття у машинобудуванні для одержання деталей з високоміцних, в'язких, ламких та неметалевих матеріалів використовують верстати для електрофізичної та електрохімічної (ЕФЕХ) обробки. Останнє обумовлено тим, що на звичайному металорізальному обладнанні забезпечення потрібної форми та стану поверхневого шару вказаних деталей, а також обробка тонкостінних нежорстких заготовок, виконання пазів й отворів розмірами в кілька мікрометрів, обробка поверхонь з малою шорсткістю або малою товщиною дефектного поверхневого шару, є досить проблематичними [5].

Для здійснення розмірної обробки заготовок ЕФЕХ методами використовують електричний, хімічний, звуковий, світловий, променевий та інші види енергії. Верстати для ЕФЕХ методів обробки успішно доповнюють обробку різанням, а в окремих випадках мають переваги перед нею. До таких переваг належать, в першу чергу, відсутність або незначна величина силових навантажень під час роботи розглядуваного обладнання, що сприяє істотному зменшенню похибок обробки. До того ж подібні верстати дозволяють не тільки змінювати форму оброблюваної поверхні заготовки, але й впливати на стан поверхневого шару, наприклад, оброблена на них поверхня не зміцнюється, дефектний шар незначний, видаляються відпали поверхні, отримані при шліфуванні, підвищуються зносостійкість, корозійна стійкість, міцність та інші експлуатаційні характеристики деталей. Нарешті, кінематика формоутворення поверхонь деталей ЕФЕХ методами обробки проста й не потребує складних конструкцій верстатів, проте вони часто оснащуються системами ЧПК [5].

Існують верстати для електроерозійної, хімічної, електрохімічної, ультразвукової, променевої та плазмової обробки. До електроерозійних відносять, зокрема, електроіскрові верстати (рисунок 7.11), робота яких ґрунтується на явищі електроерозії, тобто руйнуванні металу під дією електричних іскрових розрядів. Електрод-інструмент 3 та заготовку 1 вмикають до мережі генератора 4 (коливального контуру). Електричні розряди 2, що утворюються при зближенні інструмента та заготовки, забезпечують високу температуру на її поверхні й випаровування елементарних об'ємів металу. Наступні імпульси сприяють продовженню процесу ерозії до завершення обробки заготовки.

Обробку заготовок з ламких твердих матеріалів: скла, кераміки, ферритів, кремнію, кварцу, алмазу можна здійснювати на ультразвукових

верстатах (рисунок 7.12). Обробку виконують торцем інструмента 2, що коливається з надзвуковою частотою та амплітудою до 0,05 мм у напрямку його подачі. У простір між торцем інструмента та поверхнею заготовки 1 подають рідину з абразивними частинками. Під дією коливань інструмента зерна абразиву із силою вдаряються об поверхню заготовки, сколюючи з неї частинки матеріалу.

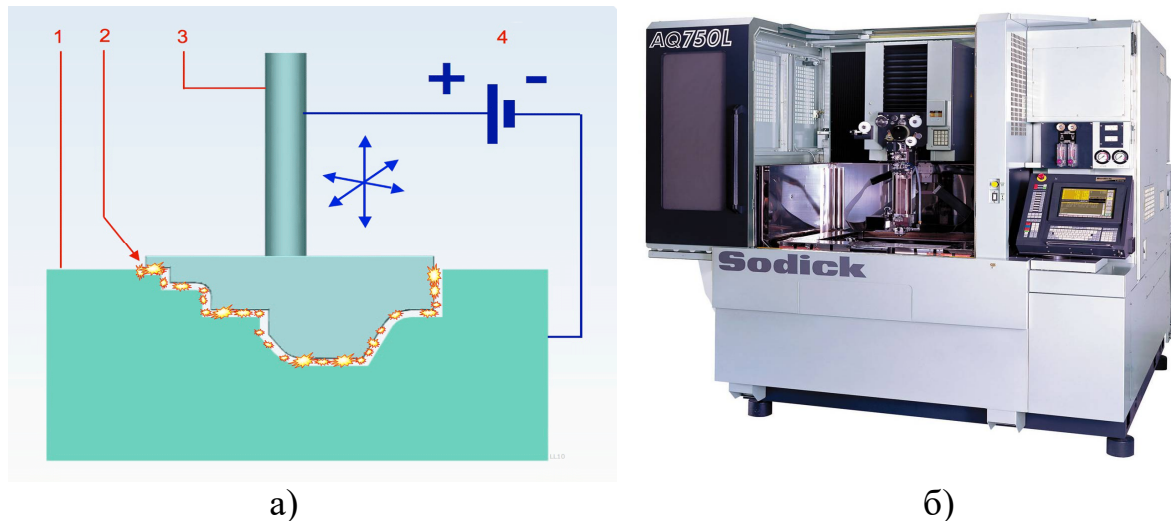


Рисунок 7.11 – Схема електроіскрової обробки (а) та загальний вигляд електроіскрового верстата: 1 – заготовка; 2 – електричні розряди в зазорі; 3 – інструмент; 4 – генератор електричних імпульсів

Одержання деталей з важкооброблюваних металів та сплавів (танталу, вольфраму, цирконію), а також з неметалевих матеріалів (рубінів, кераміки, кварцу) може здійснюватись на установках (верстатах), що використо-

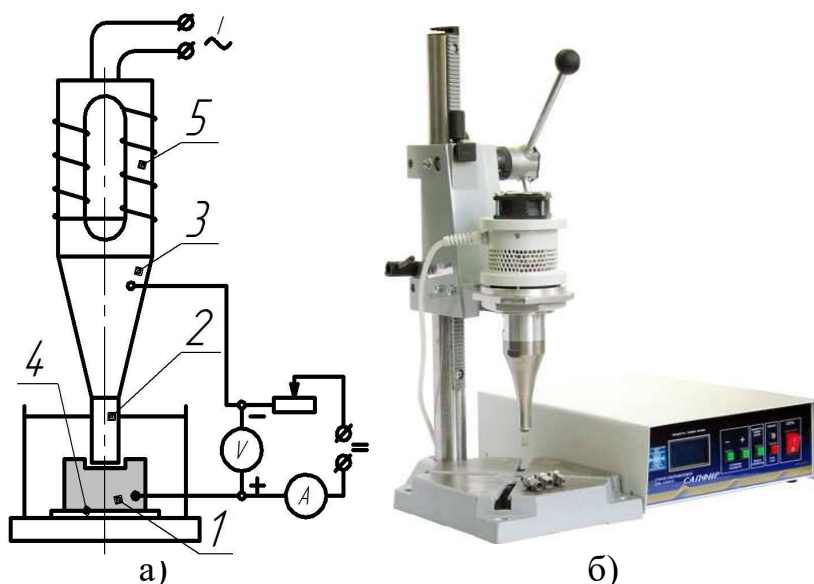


Рисунок 7.12 – Схема ультразвукової обробки (а) та ультразвуковий верстат (б): 1 – заготовка; 2 – інструмент; 3 – акустичний концентратор; 4 – прокладка; 5 – соленоїд

вують сфокусований потік електронів у вигляді вузького променя. Електронно-променева обробка основана на перетворенні кінетичної енергії спрямованого пучка електронів у теплову енергію. Висока щільність енергії сфокусованого променя електронів дозволяє обробляти заготовки за рахунок нагрівання, розплавлення та випарювання матеріалу з вузької ділянки [5].

Схема установки для електронно-променевої обробки (електронної гармати) показана на рисунку 7.13 [5]. У вакуумній камері 1 в електроді 2

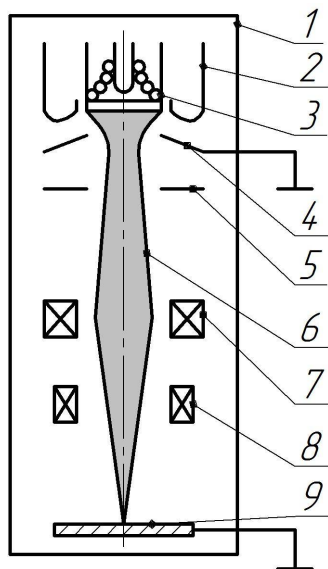


Рисунок 7.13 – Схема електронно-променевої трубки: 1 – вакуумна камера; 2 – електрод; 3 – катод; 4 – анод; 5 – діафрагма; 6 – електронний промінь; 7 – лінзи; 8 – система керування; 9 – заготовка

розташований вольфрамовий катод 3, який живиться від джерела струму, що забезпечує емісію вільних електронів. Електрони формуються в пучок під дією електричного поля, створюваного високою різницею потенціалів між катодом 3 та анодом 4 й прискорюються в осьовому напрямку. Діафрагма 5 відсікає крайові зони електронного променя 6, а система магнітних лінз 7 остаточно формує потік електронів у промінь малого діаметра та фокусує його на поверхні заготовки 9, закріпленої в пристосуванні на столі. Відхилення променя відносно поверхні заготовки забезпечується системою 8, що може керуватись від ПЧПК. Система ЧПК також керує поздовжніми й поперечними переміщеннями столу, на якому закріплена заготовка, тривалістю імпульсів та інтервалами між ними. Під час розмірної обробки заготовок установка працює в імпульсному режимі, що забезпечує локальне нагрівання оброблюваної поверхні. У зоні обробки температура досягає 6000 °С, а на відстані 1 мкм від межі променя вона не перевищує 300 °С. Тривалість імпульсів та інтервали між ними підбирають таким чином, щоб за один цикл метал під променем встиг нагрітись та випаритись. Тривалість імпульсів становить 10^{-4} – 10^{-6} с, а частота – 50–6 000 Гц, діаметр сфокусованого електронного променя – кілька мікрометрів.

Світлопроменева (лазерна) обробка основана на тепловому впливі променями високої енергії на поверхню оброблюваної заготовки. Джерелом світлового випромінювання слугує лазер – оптичний квантовий генератор (ОКГ). Принцип роботи ОКГ оснований на тому, що атом речовини, маючи певний запас енергії, знаходиться в стійкому енергетичному стані та розташовується на відповідному енергетичному рівні. Для виведення атома з цього стану необхідно здійснити його збудження. Порушення (накачування) активної речовини здійснюють світловою імпульсною лампою. Збуджений атом, одержавши додатковий фотон від системи накачування, випромінює відразу два фотони, у результаті чого відбувається своєрідна ланцюгова реакція генерації лазерного випромінювання [5].

Для механічної обробки використовують твердотільні ОКГ, інструментом яких є рубіновий стержень, що складається з оксидів алюмінію, активованих 0,05% хрому (рисунок 7.14). Рубіновий ОКГ працює в імпульсно-

му режимі, генеруючи імпульси когерентного монохроматичного червоного кольору. При вмиканні пускового пристрою ОКГ електрична енергія, накопичена в батареї конденсаторів, перетворюється у світлову енергію імпульсної лампи. Світло лампи фокусується відбивачем на рубіновий стержень й атоми хрому приводяться у збуджений стан. З цього стану вони можуть повернутися до нормального стану, випромінюючи фотони. Взаємодія останніх зі збудженими атомами дає лавиноподібні потоки фотонів, що фокусуються та підсилюються у напрямку осі стержня рубіна за допомогою дзеркал. Через 0,5 мс більше половини атомів хрому приводяться у збуджений стан й система стає нестійкою. Уся накопичена в стержні рубіна енергія одночасно вивільняється й кристал випускає сліпуче яскраве червоне світло високої спрямованості. Система оптичних лінз фокусує промінь на поверхні оброблюваної заготовки. Енергія світлового імпульсу

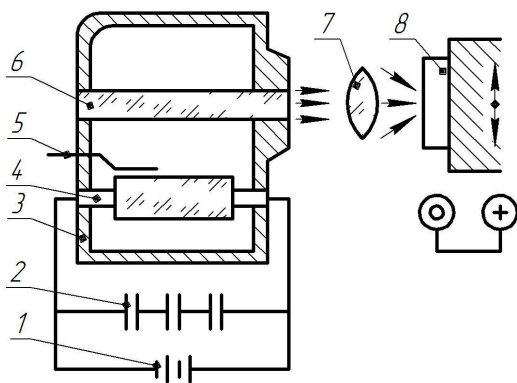


Рисунок 7.14 – ОКГ: 1 – джерело струму; 2 – батарея конденсаторів; 3 – корпус; 4 – імпульсна лампа; 5 – пусковий пристрій; 6 – рубін; 7 – лінзи; 8 – заготовка

ОКГ звичайно невелика (20–100 Дж), але вона виділяється в мільйонні частки секунди й зосереджується в промені діаметром 0,01 мм, що забезпечує температуру 6000–8000 °С. У результаті цього поверхневий шар заготовки у фокусі променів миттєво розплавляється та випаровується. Описаним методом можна обробляти заготовки з матеріалів будь-якої твердості та міцності, виконувати обробку поверхонь за складним контуром, з керуванням переміщеннями заготовок за допомогою ЧПК [5].

Контрольні запитання

1. Розкажіть про класифікації металорізальних верстатів за технологічним методом обробки, видом застосовуваного на них різального інструмента, ступенями концентрації й автоматизації операцій, рівнем спеціалізації.
2. Що означають цифри та букви у позначеннях моделей верстатів?
3. З яких основних вузлів складаються верстати?
4. Що є автоматичними лініями, багатоцільовими верстатами, гнучкими виробничими модулями, в яких випадках їх застосування є ефективним?
5. Розкажіть про застосування та структуру гнучкої виробничої системи.
6. Що є мехатронним верстатом, які переваги він має порівняно із верстатами зі звичайними механічними приводами?
7. Якими є принцип та сфера застосування електроіскрової, ультразвукової, електронно-променевої й світло-променевої обробки?

8 ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЇ МАШИНОБУДУВАННЯ

Виробничий процес на машинобудівному підприємстві – це сукупність дій людей та машин для перетворення матеріалів і напівфабрикатів у готову продукцію. Виробничий процес складається з технологічних процесів, що безпосередньо пов'язані зі зміною розмірів, форми, шорсткості та взаємного положення поверхонь оброблюваної заготовки. Кінцевою метою технологічного процесу механічної обробки є одержання деталі відповідно до вимог її робочого креслення [5].

Проектування технологічних процесів виготовлення деталей машин різанням має на меті визначення найбільш раціонального та економічного способу обробки з урахуванням основних напрямків у сучасній технології машинобудування. Основними напрямками є такі [5].

1. Максимальне скорочення обсягів обробки металів різанням, що досягається виробництвом заготовок деталей машин, які наближаються за формою, розмірами та якістю поверхні до готових деталей. Застосування таких заготовок забезпечує підвищення техніко-економічної ефективності виробництва: зменшуються припуски, а отже й витрати металу, знижується трудомісткість механічної обробки та потреба в металорізальному інструменті й верстатах, знижується собівартість виготовлення деталей і машин.

Більш точні литі заготовки можна одержати застосуванням способів лиття у кокіль та оболонкові форми, відцентрового, під тиском, за виплавленими моделями.

Значне зменшення припусків та обсягів механічної обробки досягається також при виготовленні заготовок штампуванням на пресах й штампувальних молотах, прокатуванням профілів, в тому числі періодичного та складного фасонного перерізу.

2. Застосування для механічної обробки високопродуктивного автоматизованого обладнання, агрегатних та багатопозиційних верстатів, верстатів з ЧПК, твердосплавного інструмента й інструмента з надтвердих синтетичних матеріалів, швидкодійних пристосувань (з гідравлічними, пневматичними, пневмо-гідравлічними, електричними затискними пристроями); обробки на оптимальних режимах різання металу; скорочення допоміжного часу за рахунок впровадження автоматичних пристроїв для завантаження заготовок на верстати та їхнє розвантаження після обробки; використання нових, більш продуктивних методів обробки.

3. Концентрація операцій на одному верстаті для одночасної обробки декількох поверхонь деталі комплектом інструментів.

4. Застосування розмірного аналізу технологічного процесу виготовлення деталей машин, що дозволяє виявити розмірні параметри деталі в процесі її виготовлення, знизити витрати металу, часу та енергії за рахунок зменшення припусків, зменшити або цілком усунути ймовірність браку.

5. Використання обчислювальної техніки для математичного моделювання процесів механічної обробки.

Основним елементом технологічного процесу механічної обробки є операція. У підрозділі 3.4 дані означення операції, установу, переходу, робочого ходу, які є дуже важливими для технології машинобудування.

Операція – основна одиниця виробничого планування. Вона не ділиться у планово-організаційному відношенні, тому розподілення роботи по робочих місцях не може здійснюватись в обсязі, меншому за обсяг операції. Дійсно, якщо чорнове та чистове обточування запроєктовано виконувати в одній операції, безупинно і для кожної заготовки даної партії, то розподілити цю роботу між двома робочими місцями неможливо. Якщо ж цю обробку планується виконувати на двох операціях (спочатку чорнове обточування для всіх заготовок даної партії, а потім чистове), то така обробка може бути здійснена на одному токарному верстаті або двох окремих верстатах. Питання вибору найбільш оптимального варіанта виконання операцій розв'язується під час планування розподілення робіт для робочих місць, залежно від необхідного завантаження обладнання. Для операцій здійснюють облік продуктивності роботи та контроль ходу виробничого процесу [5].

Призначення необхідних операцій та визначення послідовності їхнього виконання під час розробки технологічного процесу механічної обробки конкретної деталі є складною задачею. У зв'язку із цим, процес проектування технологічних процесів розбивається на шість основних етапів [5].

1. Вивчення робочого креслення деталі та підготовка вихідних даних для проектування. Вивчають креслення деталі, враховують організаційно-технічні можливості виробництва, вибирають вид та метод одержання заготовки. Залежно від необхідної точності розмірів, геометричної форми, взаємного розташування та допустимої шорсткості поверхонь деталі, призначають методи їхньої обробки і кількість проходів для кожної поверхні, намічають технологічні розв'язки для забезпечення вимог креслення.

2. Проектування принципів схем та варіантів обробки. Визначають маршрут виготовлення деталі та проектують принципові схеми виконання технологічних операцій. Схеми є послідовними ескізами обробки заготовки із зазначенням базових та оброблюваних поверхонь, технічних вимог, застосовуваного обладнання, точності одержуваних розмірів, що призначається залежно від виду обробки й обладнання, а також позначень й величин граничних відхилень.

3. Логічне оцінювання варіантів. На підставі досвіду інженера-технолога, знань основ технології машинобудування здійснюється логічне оцінювання декількох варіантів обробки з виявленням якісних переваг та недоліків кожного варіанта.

4. Розмірний аналіз намічених варіантів. Дозволяє виявити зв'язки розмірних параметрів деталі при її виготовленні й визначити ці параметри

шляхом розв'язання розмірних ланцюгів. На практиці під час проектування технологічних процесів досить часто цей етап не виконується, незважаючи на те, що розмірний аналіз дозволяє удосконалити варіанти технологічного процесу й розв'язати ряд важливих завдань: визначити розміри заготівки з мінімально необхідними припусками, що забезпечує зниження витрат металу; розробити технологічний процес з мінімально необхідною кількістю операцій та переходів, що дозволяє знизити витрати часу на виготовлення деталі; гарантовано одержати деталі необхідної якості за відсутності браку.

5. Оцінювання варіантів технологічних процесів за критеріями та вибір оптимального варіанта. Здійснюють техніко-економічний аналіз декількох варіантів виготовлення деталі шляхом їхнього порівняння за системою об'єктивних показників ефективності. Одним з таких показників може бути собівартість деталі. Найбільш економічним буде той варіант, при реалізації якого собівартість нижча.

6. Документальне оформлення обраного варіанту технологічного процесу. Оформлення необхідної технологічної документації відповідно до вимог «Єдиної системи технологічної документації». До комплексу документації входять маршрутні та операційні карти технологічного процесу, карти ескізів операцій, карти контролю.

Приклад технологічного процесу механічної обробки конічного зубчастого колеса на восьмишпиндельному токарному напівавтоматі [17] показаний на рисунку 8.1. Заготівку обробляють з двох сторін за два цикли (рисунки 8.1, а). У першій позиції заготівка встановлюється на верстат. Далі при повороті шпиндельного барабана на кут 90° вона переходить у позицію III, в якій за допомогою спеціальних супортів з похилими напрямними (перший варіант обробки – рисунок 8.1, а) або з використанням широких різців з відповідним нахилом різальних кромки (другий варіант – рисунок 8.1, б) обробляють конічні поверхні 1, 2. При цьому перший варіант технологічного процесу забезпечує вищу жорсткість та точність обробки. Далі заготівка переходить у позицію V, в якій трьома прохідними різцями обробляється верхній торець з розділенням припуску за довжиною. У позиції VII реалізується чистова обробка поверхонь 1, 2 різцями, установленими у похилих супортах (перший варіант обробки – рисунок 8.1, а) або широкими різцями (другий варіант – рисунок 8.1, б). Заготівка повертається у позицію I і переустановлюється промисловим роботом з поворотом на 90° у позицію II. Далі заготівка знову починає оброблятися вже у позиції IV – різцями закріпленими в двох супортах при їхній вертикальній та горизонтальній подачі обточується зовнішня циліндрична поверхня і підрізається середня торцева поверхня. У позиції VI начисто підрізається верхній торець та обробляється циліндрична поверхня. У позиції VIII обробляються фаска та похила канавка. Остання за першим варіантом процесу може бути прорізана з використанням спеціальних супортів з похилими напрям-

ними (рисунок 8.1, а) або, як у другому варіанті (рисунок 8.1, б) – за допомогою похило встановленого різця.

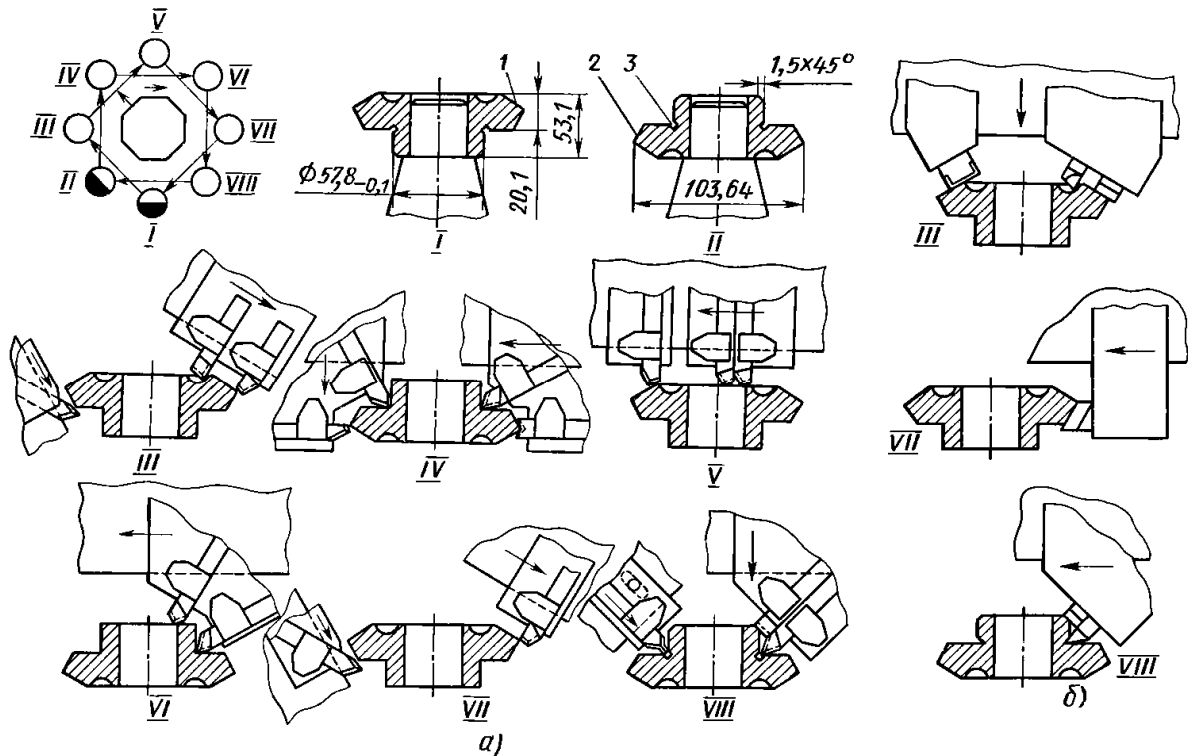


Рисунок 8.1 – Схеми технологічного процесу механічної обробки конічного зубчастого колеса: а – перший варіант процесу; б – другий варіант процесу; 1, 2, 3 – оброблювані поверхні; I, II – позиції завантаження-розвантаження; III–VIII – позиції обробки

Для оброблення заготовки на верстаті її потрібно орієнтувати у певному положенні відносно різального інструмента та траєкторії його руху. Орієнтацію заготовки називають базуванням. Вільне абсолютно тверде тіло має шість ступенів вільності (рисунок 8.2) [5] (три поступальні та три обертальні рухи відносно трьох взаємно перпендикулярних осей). Для того, щоб заготовка зайняла в просторі певне положення, вона повинна бути позбавлена цих шести ступенів вільності. При установленні заготовки призматичної форми на площину XOZ вона позбавляється трьох ступенів вільності: обертання навколо осей X , Z та переміщення уздовж осі Y . Таку поверхню називають настановною. Контакт заготовки з площиною YOZ позбавляє її ще двох ступенів вільності – переміщення уздовж осі X та обертання навколо осі Y . Останнього ступеня вільності – переміщення уздовж осі Z – позбавляє контакт із площиною XOY .

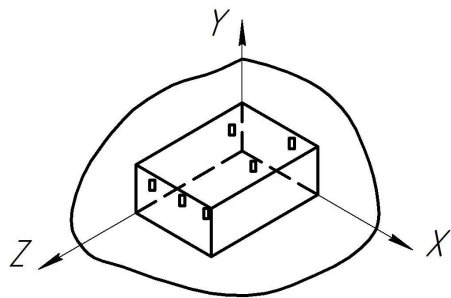


Рисунок 8.2 – Схема базування призматичної заготовки

Для того, щоб під час обробки положення заготовки не було змінено й не була втрачена її орієнтація під дією сил різання,

заготівку необхідно закріпити. З цією метою використовують спеціальні пристрої до металорізальних верстатів, що називаються верстатними пристосуваннями. Пристосування складається з корпусу, настановних елементів, затискних пристроїв та допоміжних механізмів (рисунок 8.3). Корпус є

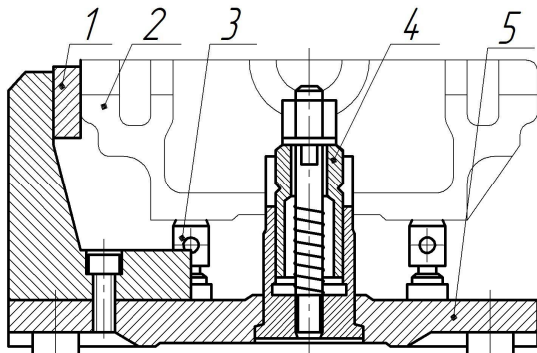


Рисунок 8.3 – Спеціальне пристосування: 1, 3 – настановні елементи; 2 – заготівка; 4 – затискний пристрій; 5 – корпус

базовою деталлю пристосування, що поєднує інші елементи та визначає їхнє просторове розташування. На корпусі монтують настановні елементи, затискні пристрої та допоміжні механізми [5].

Верстатні пристосування поділяють на дві групи: спеціальні, що призначені для обробки певної заготівки на одній конкретній операції та переналагоджувані, використовувані при обробці великої номенклатури або груп заготовок [5].

Переналагоджувані пристосування за рівнем спеціалізації класифікують на універсальні та спеціалізовані. Перші дозволяють закріплювати різні за розмірами заготівки, що мають однакові форми базових поверхонь. До них можна віднести ручні та машинні лещата, патрони, оправки тощо. Спеціалізовані пристосування складаються з комплектів стандартних деталей та складальних одиниць, що випускаються заводами технологічного оснащення і які підбираються залежно від форми й розмірів оброблюваної заготівки.

Під час розробки конструкції пристосування необхідно обов'язково виконати розрахунок потрібного зусилля закріплення. Затискні пристрої пристосувань повинні задовольняти певні вимоги [5]:

- 1) при затисканні не змінювати задане положення заготівки;
- 2) сила затискання повинна забезпечити надійне закріплення заготівки й не допускати зрушення, повороту або вібрації заготівки під час обробки на верстаті;
- 3) працювати від електромеханічних, пневмомеханічних або від гідромеханічних приводів.

При проектуванні технологічного процесу виготовлення деталі операції залежно від точності заготівки та готової деталі поділяють на чорнові, напівчистові й чистові.

Чорнову обробку застосовують для заготовок, отриманих литтям у піщані форми та для великих штампованих поковок; напівчистову обробку – у випадках, коли при чорновій обробці не може бути видалений весь припуск або коли висувають підвищені вимоги до точності геометричних форм оброблюваної заготівки й до просторових відхилень її елементів; чистову обробку – як остаточну або як проміжну перед подальшою остаточною обробкою (наприклад, шліфування після токарних операцій) [5].

Одноразову чистову обробку застосовують для заготовок, отриманих методами, що забезпечують високу точність їхнього виготовлення (точне штампування, лиття в кокіль, лиття за виплавлюваною моделлю тощо) [5].

З метою забезпечення необхідних фізико-механічних та фізико-хімічних властивостей деталі, що визначають її експлуатаційні характеристики, до технологічного процесу виготовлення можуть включати термічні операції. Термічна обробка полягає в нагріванні заготовки, витримування її при певній температурі й охолодженні. До процесів термічної обробки відносять відпал, нормалізацію, гартування, відпуск [15].

Хіміко-термічні процеси протікають з дифузійним насиченням поверхневих шарів деталей різними елементами. До цих процесів відносять цементацію (науглецьовування), азотування, ціанування, хромування [15].

Термічна обробка часто призводить до деформації й короблення поверхонь деталі. Викривлення деталей після термообробки усувають виправленням та шліфуванням. Залежно від вимог до точності та якості поверхонь, обробку ведуть в одну або декілька операцій. Так, під час обробки зовнішніх поверхонь обертання попереднє шліфування забезпечує 9-й квалітет точності, чистове – 7-й, тонке шліфування – 6-й квалітет. Оздоблювальні операції, що виконуються на кінцевій стадії технологічного процесу, сприяють підвищенню точності обробки та зменшенню ушкоджень на оброблених поверхнях [5].

В процесі розробки технологічного процесу здійснюють технічне нормування праці, що забезпечує принцип оплати за виконану роботу з врахуванням її кількості та якості. При механічній обробці норму часу встановлюють на операцію.

Технічна норма часу (рисунок 8.4) [5] складається зі штучного та підготовчо-заклучного часу. Штучний час містить основний та допоміжний час, тривалість обслуговування робочого місця й перерви. Основний час витрачають безпосередньо на процес обробки заготовки або на складання деталей. Допоміжний час витрачається на установлення та знімання заготовки, підведення й відведення інструмента, пуск і зупинення механізмів тощо. Час на обслуговування робочого місця витрачають на підтримання в робочому стані обладнання, інструментів, пристосувань, на заміну інструментів, що затупилися, змащення та чищення верстата тощо. Підготовчо-заклучний час робітники витрачають на ознайомлення з отриманою роботою, вивчення креслення, підготовку робочого місця, налаштування обладнання, знімання інструментів та пристосувань після закінчення роботи.

Норми часу розраховують, виходячи з відповідних нормативів, розроблених на підставі вивчення робочого часу верстатників та визначення тривалості виконання різних елементів операції. На підставі технічно обґрунтованих норм часу встановлюють розцінки, визначають продуктивність обладнання, здійснюють календарне планування виробництва тощо [5].

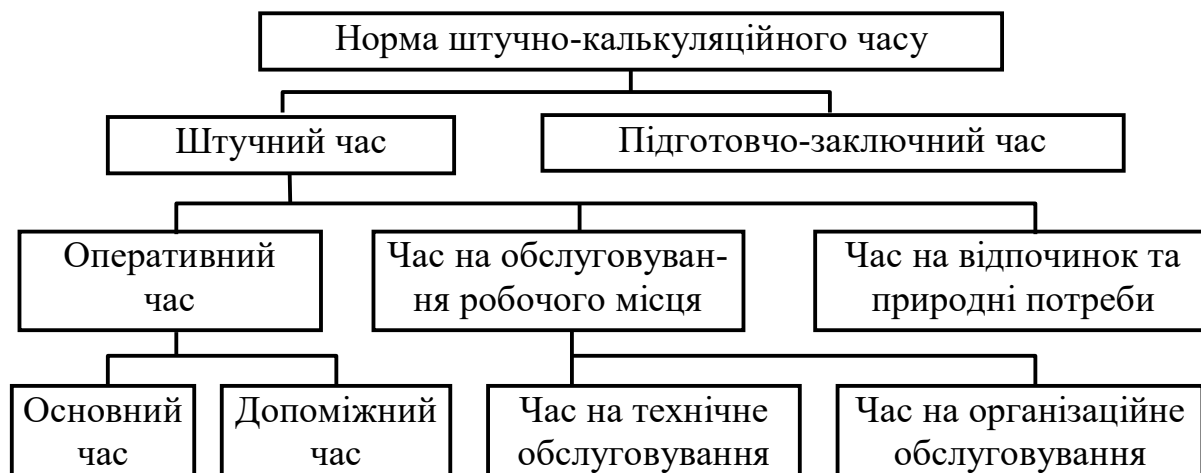


Рисунок 8.4 – Структура технічної норми

Деталь одних і тих самих форми, розмірів, точності та шорсткості поверхонь можна одержати різними методами розмірної обробки, класифікація яких показана на рисунку 8.5 [5].

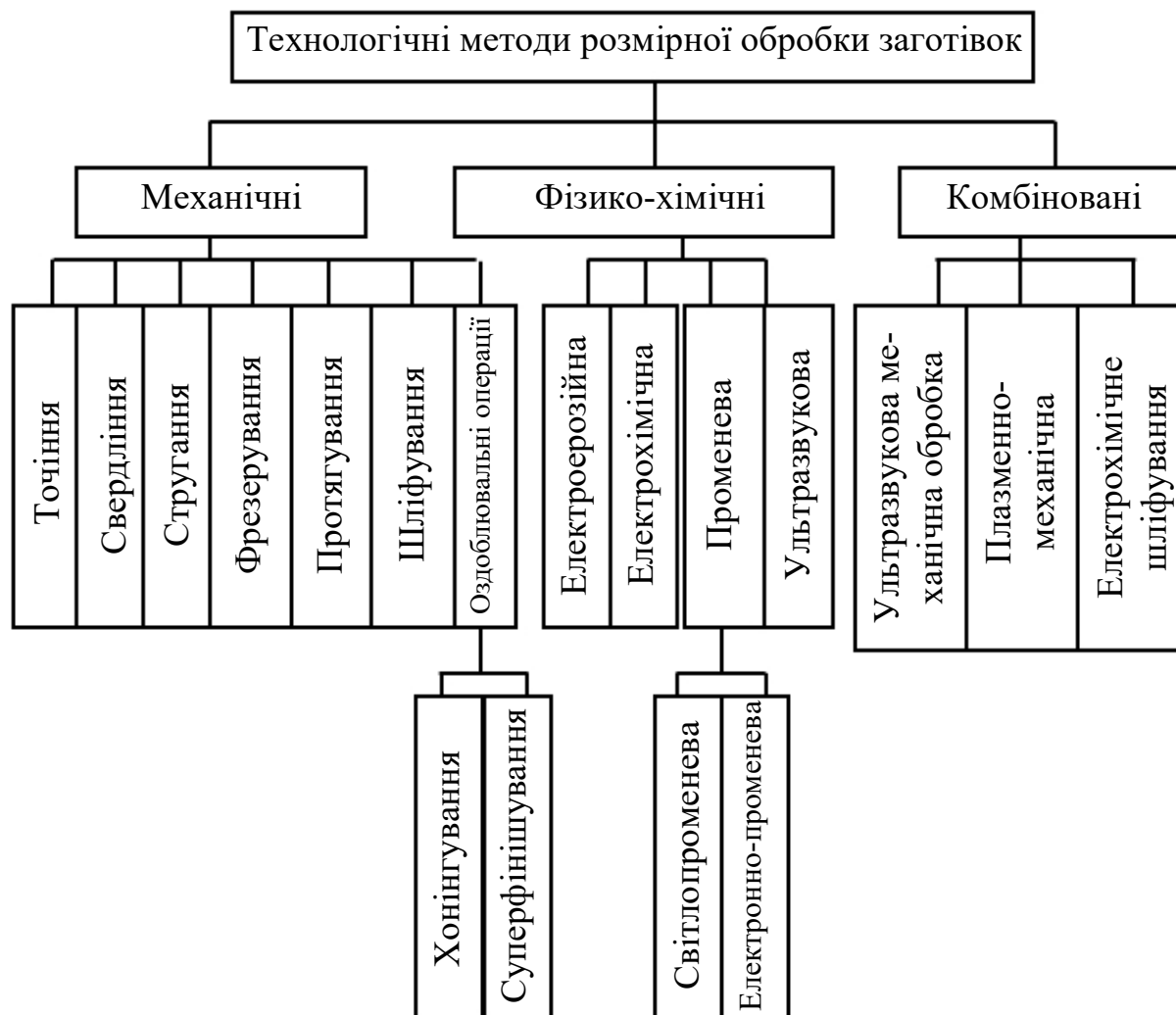


Рисунок 8.5 – Технологічні методи розмірної обробки деталей машин

До механічних відносять методи обробки, що реалізуються при зніманні припуску із заготовки різальним інструментом на металорізальних

верстатах. Механічну обробку можна виконувати різними способами: точенням, струганням, свердлінням, фрезеруванням тощо. Кожний зі способів обробки різанням здійснюють на відповідному верстаті.

Точіння заготовок, що мають форму тіл обертання, здійснюють на токарних верстатах. При цьому можна обробляти циліндричні, конічні, фасонні, торцеві, зовнішні та внутрішні поверхні заготовок. Приклад обробки заготовки східчастого валика на токарному багаторізцевому верстаті поданий на рисунку 8.6 [5].

Свердління отворів у суцільному матеріалі, а також їхню обробку зенкерами, розвертками та мітчиками здійснюють переважно на свердлильних верстатах. Найбільш розповсюджена схема роботи свердлом полягає у поєднанні обертального руху інструмента з його поступальним переміщенням при нерухомій заготівці (рисунок 8.7). Операцію свердління можна виконувати й на токарних верстатах. Інструмент при цьому встановлюють у пінолі задньої бабки верстата.

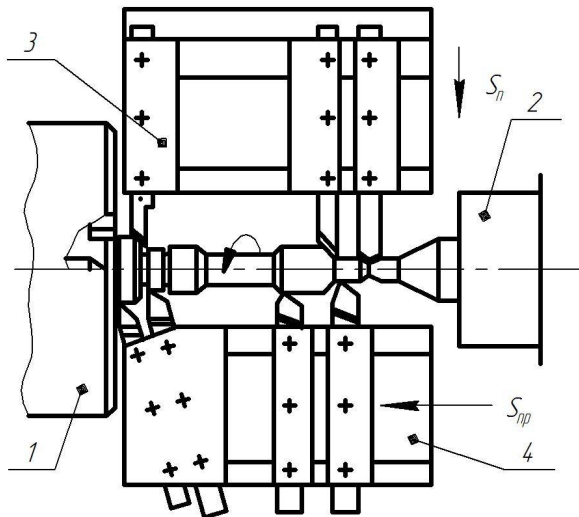


Рисунок 8.6 – Схема обробки заготовки східчастого валика на токарному багаторізцевому верстаті: 1 – патрон верстата; 2 – задній центр; 3 – поперечний супорт; 4 – поздовжній супорт

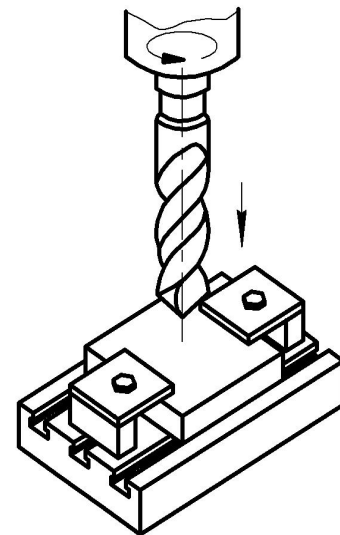


Рисунок 8.7 – Схема свердління

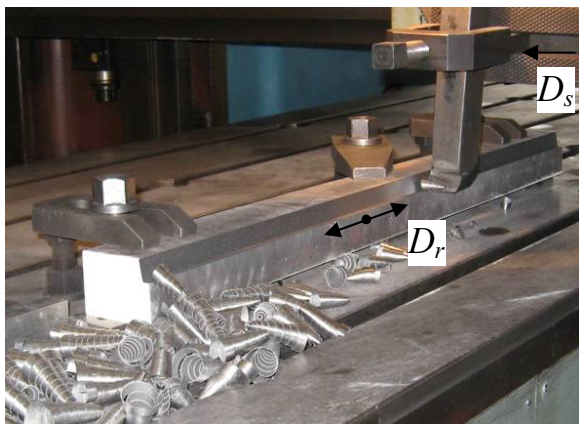


Рисунок 8.8 – Обробка на стругальному верстаті

Стругання (рисунок 8.8), як вид обробки металів різанням застосовують при обробці плоских та фасонних поверхонь. Обробку здійснюють різцями при прямолінійному зворотно-поступальному головному русі D_r та русі подачі D_s , перпендикулярному напрямку головного руху на поперечно- або поздовжньо-стругальних верстатах. Завдяки простоті, а отже й невисокій вартості інструмента, а також універсальності обладнання,

стругання застосовують в умовах одиничного та дрібносерійного виробництва. Основним недоліком даного методу обробки є порівняно низькі швидкості різання, обумовлені в тому числі наявністю холостих ходів столу або повзуна верстата [5].

Фрезеруванням обробляють плоскі та фасонні поверхні різної довжини й ширини з використанням багатолезового інструмента – фрез. Головним рухом D_r при реалізації даного методу обробки є обертальний рух інструмента, а рухом подачі D_s – поступальний (у деяких верстатів круговий) рух столу верстата із заготівкою. Оскільки інструмент багатолезовий й головний рух безперервний, продуктивність процесу фрезерування та якість обробленої поверхні деталі вищі, ніж при струганні. Різні схеми фрезерування наведені на рисунку 6.7.

Протягування є високопродуктивним методом обробки, що отримав широке застосування в серійному та масовому виробництвах для обробки отворів різної форми (див. рисунок 6.10), а також зовнішніх плоских й фасонних поверхонь (рисунок 8.9) [5]. При цьому формоутворення поверхні

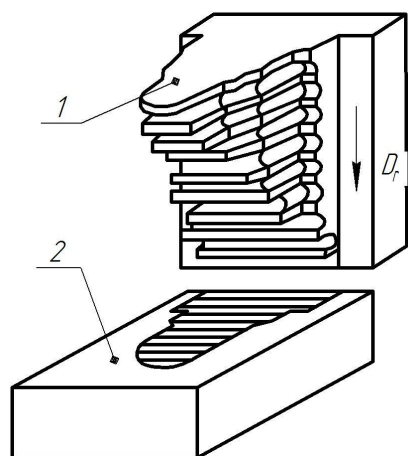


Рисунок 8.9 – Схема плоского протягування: 1 – різьби, профілю зубів зубчастих коліс тощо. протяжка (фрагмент); 2 – заготівка

здійснюється за рахунок копіювання на заготівці форми та розмірів кромek різальних зубів інструмента – протяжки. Для протягування необхідний, як правило, тільки один рух – рух різання D_r . Функція подачі закладена в самій конструкції протяжки.

Шліфування широко використовують у машинобудуванні для чистової обробки поверхонь деталей. При шліфуванні можна здійснювати обробку зовнішніх та внутрішніх поверхонь деталей циліндричної, конічної й фасонної форм, плоских поверхонь, (див. рисунок 6.19). Обробляти можна будь-які матеріали та метали, починаючи від самих м'яких й закінчуючи твердими сплавами.

Шліфування здійснюють на різних типах шліфувальних верстатів з використанням як інструмента шліфувальних кругів. Після завершення даного виду обробки можна одержати поверхні 6–7 квалітетів точності з параметром шорсткості Ra від 1,6 до 3,2 мкм [5].

До оздоблювальних методів обробки відносять хонінгування та суперфінішування. Хонінгування є операцією остаточної обробки отворів заготівки, що забезпечує 4–5 квалітет точності та значення параметра шорсткості $Ra = 0,1–1,6$ мкм. Процес хонінгування полягає в обробленні поверхні заготівки декількома абразивними брусками, що розтискаються, при обертальному та зворотно-поступальному русі інструмента (хона). Останній установлений у шпинделі хонінгувального верстата (рисунок 8.10) [5].

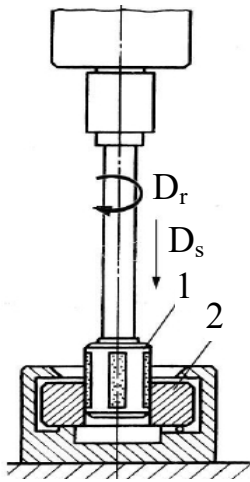


Рисунок 8.10 –
Схема хонінгування:
1 – хон; 2 – заготівка

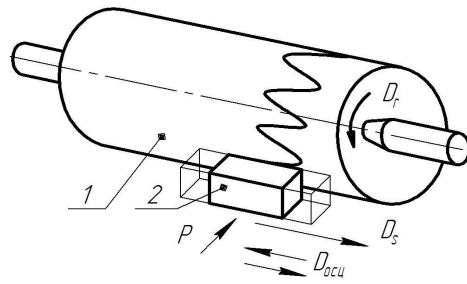


Рисунок 8.11 – Схема
суперфінішування:
1 – заготівка; 2 – абразивний
брусочок

Суперфінішування – оздоблювальний метод обробки зовнішньої поверхні заготовки абразивними брусками. Для нього характерні коливальний (осцилювальний) D_{osc} та поздовжній D_s рухи подачі абразивних брусків або заготовки, постійна сила

P притискання брусків до заготовки й порівняно невеликий тиск у зоні обробки (рисунок 8.11) [5]. Обробку здійснюють на ділянці вершин мікронерівностей поверхні контакту інструмента та заготовки. В міру зрізання вершин гребінців шорсткості збільшується контактна поверхня, зменшується тиск брусків, стружка заповнює пори брусків, різальна здатність брусків знижується, процес оброблення припиняється. Суперфінішуванням можна обробляти поверхні заготовок із загартованої сталі, а також з чавуну та бронзи. Точність відповідає 4–5 квалітетам, шорсткість $Ra = 0,1–0,8$ мкм.

Фізико-хімічні методи обробки й застосовуване при цьому обладнання розглянуті в розділі 7.

Завершальним етапом виробництва машин та механізмів є складання. Від його якості залежить роботоздатність виробу. Складання виробів – це технологічний процес з'єднання окремих деталей та складальних одиниць у строгой послідовності операцій. Складання починають з установлення базової деталі або складальної одиниці. Далі закріплюють решту деталей, дотримуючи в з'єднаннях необхідну точність [5].

Для зручності виконання складання на підставі складального креслення механізму розробляють технологічну схему складання. На рисунку 8.12 наведені приклад складального креслення натяжного ролика та схема його складання [5].

Під час складання виробів в умовах одиничного виробництва їхня базова деталь, як правило, знаходиться на одному робочому місці, до якого подають всі інші деталі та вузли. При реалізації складання у великосерійному та масовому виробництві базова деталь безупинно або з певною періодичністю переміщається на конвеєрі від одного робочого місця до іншого, на яких установлюється решта деталей та вузлів. Необхідною умовою безперервності процесу складання є його ритмічність. За цією умовою складені вироби повинні виходити через однакові установлені відрізки часу, що називаються тактом випуску.

Для скорочення тривалості складання широко застосовують ручні механізовані засоби – універсальні інструменти та пристосування з пневма-

тичним, електричним, гідравлічним і пневмо-гідравлічним приводами, в тому числі гайковерти різних конструкцій, пневматичні реверсивні викрутки,

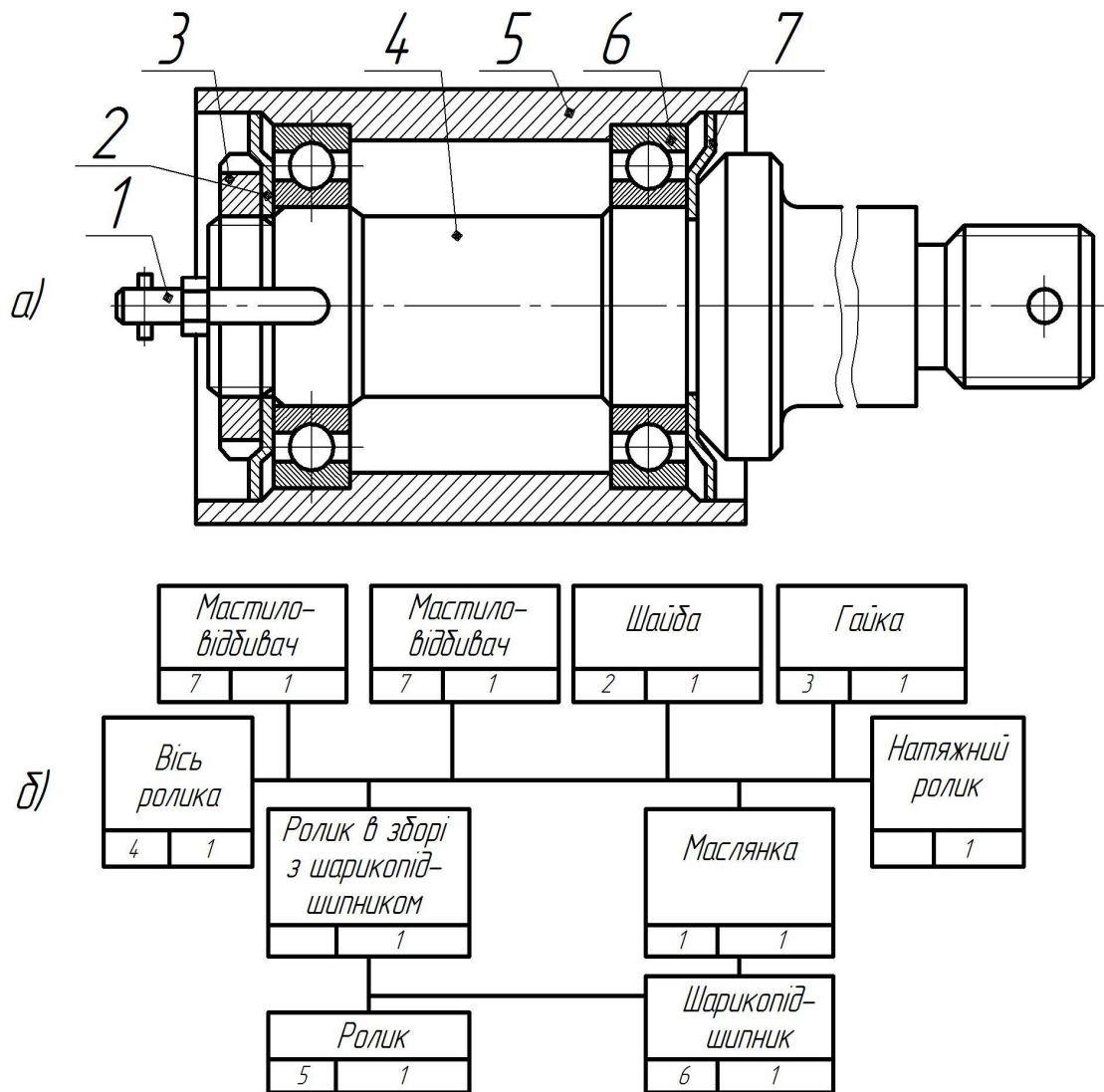


Рисунок 8.12 – Технічна документація на складання натяжного ролика: а – складальне креслення; б – технологічна схема складання

клепальні установки, ручні електро- або пневмошліфувальні машини тощо. Важливим є також застосування складальних і контрольних пристосувань.

Значне підвищення продуктивності праці під час складання може бути забезпечене на підставі його комплексної механізації – впровадження на всіх операціях процесу механізованих засобів. Використання механізації та машин-автоматів, що виконують складальні операції без участі людини-робітника, дозволяють перейти до ще вищого рівня виробництва (більш продуктивного й ефективного) – до автоматизації складання.

Однак жорстка автоматизація характерна тільки для масового виробництва, у випадках, коли протягом ряду років складають однотипні вироби. Що стосується серійного виробництва, яке є зараз найбільш поширеним, то воно потребує гнучкої автоматизації складальних робіт. Остання передбачає використання промислових роботів та маніпуляторів. Для при-

кладу на рисунку 8.13 поданий роботизований комплекс зварювання поперечних балок залізничних вагонів.



Рисунок 8.13 – Роботизований комплекс зварювання рам залізничних вагонів

Ефективність машинобудівного виробництва залежить не тільки від ступеня досконалості технологічних процесів, використовуваного обладнання, інструментів, але й від способів та форм організації праці. Організація праці є сукупністю організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних та соціальних заходів. Реалізація вказаних заходів разом з доцільним поділом та кооперацією праці, забезпечують найкраще використання

робочого часу, виробничих навичок й здібностей людини.

В епоху Середньовіччя виробництво продукції було мистецтвом окремих ремісників та майстрів, кожен з яких повинен був уміти виконувати всі операції, пов'язані з виробництвом його цеху. Технічні знання робітники тримали в таємниці. На зміну ремісничому прийшло мануфактурне виробництво, технології якого були розділені на операції, при цьому кожна така операція виконувалася окремим робітником. Це привело до відповідної диференціації знарядь праці та їхнього пристосування до певних операцій мануфактурного виробництва.

У механоскладальних цехах сучасного машинобудівного підприємства поділ праці йде за трьома напрямками [5].

1. За характером участі у виробничому процесі робітники поділяються на основних (верстатників та слюсарів-складальників) й допоміжних (мастильників, прибиральників, вантажників).

2. За професіями робітників класифікують на токарів, фрезерувальників, шліфувальників, слюсарів тощо, а всередині професій – за спеціальностями, наприклад слюсар-складальник, слюсар-інструментальник тощо.

3. Залежно від складності операцій, які виконують робітники, кожен з них має певну кваліфікацію. Складність операцій визначається заданим квалітетом точності, що має бути забезпечений при їхній реалізації, значенням шорсткості поверхонь деталей, точністю складання, застосовуваним обладнанням.

Разом з поділом праці на виробництві використовується й кооперація, однією з форм якої є багатостатне обслуговування – робота одного оператора одночасно на декількох верстатах. Останнє забезпечує ущільнення

робочого часу та підвищення продуктивності праці. Інша форма кооперації праці – оволодіння робітником суміжною професією, наприклад виконання верстатником функцій наладчика, мастильника або слюсаря з ремонту [5].

Велику роль у підвищенні продуктивності праці відіграє оснащення та планування робочих місць. Робоче місце містить виробничу площу, основне обладнання (верстат, складальний стенд), пристрої для зберігання заготовок та деталей (ящикова тара), пристосувань та інструмента, підйомно-транспортні засоби.

Організаційно-технічне оснащення конструюють або вибирають з урахуванням антропометрії. Для ліквідації зайвих рухів (нахилів, кроків тощо) необхідно при плануванні робочих місць враховувати зони досяжності рук людини в горизонтальній та вертикальній площинах (рисунок 8.14) [5].



Рисунок 8.14 – Зони досяжності рук людини у вертикальній площині

Загальний вигляд раціонального планування робочого місця токаря показаний на рисунку 8.15.

Не менш важливе значення має необхідність створення сприятливої виробничої обстановки, що забезпечується такими заходами: боротьба зі стомлюваністю й одноманітністю праці; поліпшення санітарно-гігієнічних умов праці; впровадження елементів виробничої естетики на робочому місці [5].

Для боротьби зі стомлюваністю, окрім правильної організації робочих місць та кооперації праці, велику роль відіграє зниження її монотонності, оскільки різноманітну роботу можна виконувати протягом більш тривалого часу, ніж одноманітну. Пасивна роль робітника

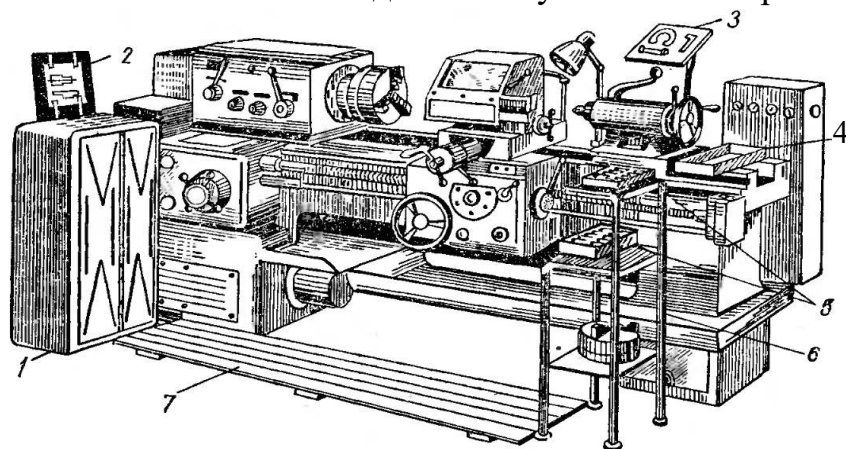


Рисунок 8.15 – Планування робочого місця токаря: 1 – інструментальна тумба; 2 – планшетка з кресленням деталі; 3 – планшетка для контрольовимірювальних інструментів; 4 – лоток для ключів; 5 – ящики із заготовками; 6 – підставка; 7 – дерев'яна решітка

більш стомлювальна, чим активна.

Поліпшення санітарно-гігієнічних умов праці передбачає [5]: раціональне освітлення робочих місць відповідно до норм та характеру роботи; скорочення вмісту у повітрі пилу та шкідливих газів до норм гранично допустимої концентрації; забезпечення нормального мікроклімату – сукупного впливу температури, вологості, руху повітря та теплової радіації відповідно до установлених санітарних норм [5].

Контрольні запитання

1. Дайте означення виробничого процесу, розкажіть про його структуру. В чому полягає мета технологічних процесів механічної обробки?
2. Якими є основні напрямки проектування технологічних процесів виготовлення деталей машин різанням?
3. Розкажіть про операцію технологічних процесів, як основну одиницю виробничого планування.
4. Якими є основні етапи проектування технологічних процесів?
5. Що називають базуванням заготівки, скільки вона може мати ступенів вільності, яким чином заготівка їх позбавляється?
6. Для чого використовуються пристосування до верстатів, з яких основних елементів вони складаються?
7. Як класифікуються верстатні пристосування?
8. Які вимоги повинні задовольняти затискні пристрої верстатних пристосувань?
9. В яких випадках використовується чорнова, напівчистова й одноразова чистова механічна обробка заготовок?
10. Розкажіть про призначення й види термічної та хіміко-термічної обробки заготовок.
11. Розкажіть про структуру технічної норми часу на виробництві.
12. Розкажіть про класифікацію технологічних методів розмірної обробки заготовок.
13. Як здійснюють основні види механічної обробки різанням: точіння, свердління, фрезерування, протягування, шліфування?
14. Розкажіть про оздоблювальні методи обробки – хонінгування та суперфінішування.
15. Що собою являє технологічна документація для складання виробів?
16. Якими є основні схеми складання у одиничному, серійному та масовому виробництві?
17. Що таке механізація та автоматизація складання?
18. Як історично змінювалась організація виробництва?
19. За якими напрямками здійснюється поділ праці на сучасному машинобудівному виробництві?
20. Що таке кооперація, як вона реалізується на виробництві?

9 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ЕКОЛОГІЯ

Проектуючи технологічні процеси обробки, вибираючи або розробляючи обладнання, оснащення та інструмент для їхнього здійснення, організовуючи виробничий процес на робочому місці або ділянці цеху, інженер-машинобудівник зобов'язаний забезпечити нормальні умови роботи обслуговувального персоналу та дотримання вимог промислової екології [24, 25].

При реалізації виробничих процесів на персонал впливають різні фактори. Небезпечним вважають такий фактор, вплив якого на працівника за певних умов призведе до його травми або до раптового погіршення здоров'я. Шкідливим є фактор, що призводить до захворювання або зниження працездатності робітника. Вплив на працівника небезпечного фактора при виконанні ним трудових обов'язків називають нещасним випадком на виробництві. Охорона праці, що охоплює техніку безпеки та виробничу санітарію – це система законодавчих актів, соціально-економічних, організаційних, технічних, гігієнічних та лікувально-профілактичних заходів й засобів, дотримання яких гарантує безпеку, збереження здоров'я й працездатності людини в процесі її роботи [5].

Безпека роботи персоналу цехів гарантується за рахунок раціонального розміщення відповідних засобів: захисних та запобіжних пристроїв верстатів, промислових роботів, транспортних й завантажувальних пристроїв, сигналізації, систем відведення і транспортування стружки, систем електричної та пожежної безпеки тощо. Безпека роботи також дотримується шляхом раціонального планування обладнання, оптимальним розміщенням різального та допоміжного інструмента, пристосувань [5].

Захисні пристрої використовують для запобігання небезпечного зіткнення персоналу з елементами верстата, різальним інструментом, промисловими роботами, транспортними та іншими рухомими пристроями, а також для огороження небезпечних зон, куди відлітають стружка і змашувально-охолодні рідини (ЗОР).

Запобіжні пристрої повинні не допускати випадкового потрапляння персоналу в небезпечну зону або усувати небезпечний фактор, якщо людина знаходиться в цій зоні. Сигналізацію застосовують як запобіжний захід з метою оповіщення обслуговувального персоналу про початок роботи верстатного та іншого обладнання, несправності його вузлів, про перевищення допустимої концентрації шкідливих або пожежонебезпечних речовин тощо. Сигналізація може бути світловою та акустичною.

Для безпечної роботи із ЗОР потрібно систематично проводити їхній аналіз на відсутність мікробів, що викликають шкірні захворювання й вчасно здійснювати заміну ЗОР. Система охолодження верстата не повинна допускати розбризкування ЗОР й потрапляння її на підлогу біля обладнання.

Безпека праці в цеху й на ділянці досягається також правильним вибором способів відведення стружки із зони різання та транспортування її до місця збирання. З цією метою використовують вбудовані у кожен верстат або загальні для всієї лінії верстатів конвеєри.

Електробезпека дотримується за рахунок роздільного або сумісного застосування відповідних технічних засобів та способів: захисного заземлення, занулення, відключення, малої напруги, електричного поділу мереж, вирівнювання потенціалів, компенсації струмів, замикання на землю, ізоляції струмоведучих частин, індивідуальних засобів захисту, огорожувальних пристроїв, попереджувальної сигналізації, блокування, знаків безпеки [5].

Гарна освітленість робочих поверхонь обладнання та приміщень, в яких воно експлуатується, є ще однією умовою дотримання безпеки праці. Існують норми освітленості, які необхідно суворо виконувати.

Розміри та планування приміщень повинні забезпечувати вільний доступ до всіх вузлів верстатів під час їхньої роботи та при ремонті.

Не допускається обробляти на верстатах заготовки, маса яких перевищує максимально допустиму, зазначену в паспорті верстата.

Верстатник для забезпечення безпеки праці зобов'язаний дотримуватись правил охорони праці, регламентовані для конкретних видів робіт. Зокрема, перед початком роботи він повинен перевірити роботоздатність верстата, надійність кріплення інструмента та пристосування, відповідність заготовки вимогам технологічного процесу, а також надійність її кріплення.

При здійсненні виробничого процесу має місце взаємозв'язок промислового виробництва із середовищем існування людини та інших живих організмів. Від моменту своєї появи на Землі людське суспільство завжди впливало на природне середовище, використовуючи його для задоволення своїх потреб. Ще в доісторичні часи первісна людина, щоб вижити, займалася полюванням і тим самим впливала на розвиток середовища існування. Цей вплив підсилювався з початком землеробства та приручення тварин, результатом чого стало утворення поселень людей, пов'язаних з новою організацією суспільства. Виникають перші проблеми охорони природи, такі як боротьба з ерозією ґрунту та перетворення родючих земель у пустелі. Ще більше зростає вплив людини на навколишнє середовище з появою мануфактур. Однак тільки з настанням епохи промислової революції, ознаменованої переходом до машинного виробництва, вплив на природу антропогенних факторів, тобто факторів, обумовлених господарською діяльністю людини, отримав якісно новий характер. Загальний обсяг впливу суспільства на природу став перевищувати її відновлювальний потенціал на великих ділянках земної поверхні, що спричинило необоротні зміни середовища вже не локального, а регіонального масштабу [5].

Задача зменшення шкідливого впливу промислових підприємств на біосферу потребує кількісного та якісного оцінювання виробничих забруд-

нень. Промислові викиди в атмосферу при роботі металорізального обладнання, пов'язані з утворенням аерозолів (туманів) використовуваних змащено-охолоджувальних рідин (електролітів, емульсій, мастил). При виконанні оздоблювальних операцій механічної обробки (хонінгування, суперфінішування, доведення) у повітря потрапляють пари гасу. Обробка деталей та заточування інструмента абразивними кругами супроводжується виділенням абразивного пилу. Перевищення у 4–7 разів гранично допустимої концентрації шкідливих речовин в атмосфері призводить до виражених функціональних змін у стані здоров'я людини [5].

Основним видом забруднення гідросфери є виробничі стічні води. У виробничих стоках механообробного підприємства можуть бути присутні механічні суспензії з піском, окалиною, металевою стружкою, крім цього, мінеральні мастила й емульсії [5].

При обробці заготовок на металорізальних верстатах утворюються тверді відходи – стружка. Однак забруднення стружкою літосфери (верхньої частини земної кори) не відбувається. Стружку збирають та використовують як вторинну сировину в ливарному виробництві заводу або продають іншим підприємствам [5].

Шкідливим для людини є також вплив шуму та вібрації, створюваних різними видами обладнання. Промисловий шум великої інтенсивності не тільки вражає органи слуху людини, але також здійснює загальний негативний вплив на її організм, призводячи до стомлення працівників, зниження продуктивності роботи, зростання браку, травматизму, хронічних захворювань. Постійно діюча вібрація негативно впливає на різні спорудження та конструкції. Загальний рівень звукового тиску в механічних, ремонтних та інструментальних цехах, створюваний металорізальним обладнанням, повинен знаходитись в межах 85–100 дБ, а в окремих випадках – 105–114 дБ. Найбільш високі рівні шуму зареєстровані при роботі великих та важких токарних, револьверних, свердлильних, фрезерувальних і шліфувальних верстатів [5].

Основними джерелами шуму при роботі металорізальних верстатів є: елементи їхніх приводів (електродвигуни, зубчасті й пасові передачі, підшипники, особливо за наявності їхнього зносу, перекосів та дисбалансу рухомих частин), вібрації пристосування, інструмента та заготовки під час її обробки, а також сам процес різання. Високі рівні шуму (100–106 дБ) високої частоти створюються при роботі револьверних верстатів внаслідок ударів пруткового матеріалу об напрямну трубу. На ділянках заточування різального інструмента загальний рівень шуму становить 85–90 дБ [5].

Широко застосовувані на різних етапах обробки та складання ручні механізовані інструменти, головним чином пневматичні (шліфувальні й свердлильні машини, перфоратори, зубила, рубильно-чеканні і клепальні молотки, гайковерти тощо), є джерелами не тільки інтенсивного (88 – 118 дБ) шуму механічного та аеродинамічного походження, але й сильної локальної вібрації. Остання обумовлена невривноваженістю обертових

шліфувальних кругів та шпинделів або зворотно-поступальним рухом бойка, зубила тощо [5].

Джерелами аеродинамічних та механічних шумів та вібрацій високих рівнів є також вентиляційні системи.

Рівень шуму, рівний 120 дБ, для людини є порогом болю, а рівень у 180 дБ – смертельно небезпечний [5].

Виходячи з вищевикладеного, інженер повинен [5]:

- мати уявлення про екологічні особливості механоскладального виробництва, його екологічні проблеми та шляхи їх розв'язання;
- знати про технічні заходи, впровадження яких забезпечує зниження забруднення природного середовища промисловими викидами та стічними водами.

Контрольні запитання

1. Що називають небезпечними та шкідливими факторами на виробництві?
2. Що собою являє охорона праці як система засобів?
3. Як дотримується безпека роботи персоналу механообробних та механоскладальних цехів?
4. Для чого використовують захисні пристрої верстатів, що вони собою являють?
5. З якою метою застосовують запобіжні пристрої верстатів, що вони собою являють?
6. Для чого застосовують виробничу сигналізацію, яких видів вона буває?
7. Які вимоги висуваються до змащено-охолоджувальних рідин (ЗОР) та до систем їхньої подачі?
8. Якими є основні вимоги щодо збирання й видалення стружки на виробництві?
9. Розкажіть про основні засоби та способи електробезпеки на машинобудівних підприємствах.
10. Якими є вимоги освітлення робочих місць, а також раціонального розміщення у цеху обладнання?
11. Назвіть основні вимоги безпеки праці для верстатника машинобудівного підприємства.
12. Розкажіть, як змінювався в часі вплив з боку людини на навколишнє середовище.
13. Розкажіть про вміст виробничих забруднень, що викидаються у природу.
14. Розкажіть про негативний вплив на людину-робітника шуму та вібрацій.
15. Яке обладнання та оснащення на виробництві створює найвищий рівень шуму?

ГЛОСАРІЙ

Автомат – самокерована технологічна машина, яка при здійсненні технологічного процесу виконує без втручання оператора (робітника) всі робочі та допоміжні рухи робочого циклу і потребує лише періодичного контролю, обслуговування та ремонту.

Автоматична лінія – сукупність технологічного, транспортного, завантажувально-розвантажувального, контрольного, налагоджувального та іншого автоматизованого та напівавтоматизованого виробничого обладнання, розташованого у заданій послідовності виконання технологічних операцій і зв'язаного загальною системою керування.

Автоматична роторна лінія – комплекс робочих машин, транспортних пристроїв, приладів, об'єднаних єдиною системою автоматичного керування, у якому одночасно з обробкою заготовки переміщуються по дугах кіл разом з інструментами, що здійснюють на них вплив. Найбільш поширені роторні лінії для виконання операцій, за допомогою прямолінійного робочого руху (штампування, витягування, пресування, складання, контроль).

Агрегатний верстат – верстат спеціального призначення, що складається з уніфікованих і стандартизованих вузлів та деталей, які можуть переконструюватися у просторі.

Бакеліт (за прізвищем бельгійського хіміка та винахідника Л. Бакеланда) – продукт поліконденсації фенолу з формальдегідом у присутності лужного каталізатора. Використовується як зв'язка у виробництві абразивних виробів холодного та гарячого пресування, вальцювання. Бакеліт є розчинним у спирті, але при тривалому нагріванні переходить у нерозчинну і неплавку форму. Ця властивість бакеліту використовується при виготовленні пластичних мас. Спиртові розчини бакеліту застосовують як лаки.

Безвідхідна технологія – технологія, що передбачає найбільш раціональне використання природних ресурсів і енергії на виробництві, що забезпечує захист навколишнього середовища. Безвідхідна технологія – це принцип організації виробництва взагалі, що означає використання сировини й енергії в замкненому циклі: первинна сировина – виробництво – споживання – вторинна сировина. СРСР був ініціатором ідеї безвідхідного виробництва й термін «безвідхідна технологія» уперше був запропонований комісією з охорони природних вод СРСР.

Виконавчий елемент – елемент, якому передається енергія привода і який слугує для виконання технологічних або транспортних операцій. В технологічних машинах виконавчим елементом є інструмент, який здійснює обробку заготовки. Виконавчий елемент транспортних машин являє собою колісний або гусеничний рушій (для наземних транспортних засобів), гребний гвинт (для морського транспорту), повітряний гвинт (для не-

реактивних літальних апаратів, наприклад, для літаків з поршневыми двигунами) тощо.

Відцентрова сила – сила інерції, що виникає в системі, яка обертається та спрямована від осі обертання системи (звідси й назва).

Гнучкі виробничі комплекси та модулі – об'єднання програмованого переналагоджуваного інтегрованого основного (технологічного) та допоміжного (завантажувально-розвантажувального, контрольного, налагоджувального) обладнання, розташованого на одному робочому місці і призначеного для виконання суміжних видів механічної обробки заготовок різних типорозмірів.

Ділильна головка – спеціальне верстатне пристосування, є важливою приналежністю фрезерувальних верстатів. Застосовується для періодичного повороту заготовки (ділення) на рівні або нерівні кути при фрезеруванні багатогранників, западин між зубцями коліс, канавок різальних інструментів, для більш точного переміщення столу (наприклад при виготовленні зубчастих рейок), а також для безперервного обертання заготовки узгоджено з поздовжньою (осьовою) подачею (наприклад, при нарізанні спіральних канавок у свердел, зенкерів тощо або при фрезеруванні косозубих зубчастих коліс). Короткі заготовки закріплюються в патроні, довгі – з упором у центр задньої бабки.

Допуск – різниця між найбільшим та найменшим граничними значеннями (розмірів, масової частки, маси), задається на геометричні розміри деталей, механічні, фізичні та хімічні властивості. Призначається (вибирається), виходячи з технологічної точності або вимог до виробу (продукту). Будь-яке значення параметра, що знаходиться в заданому інтервалі, є допустимим.

Електротехніка – технічна наука, що вивчає практичне застосування електрики. Електротехніка виділилася в самостійну науку з фізики наприкінці ХІХ ст., після комерціалізації телеграфу та засобів передачі електричної енергії. В наш час електротехніка містить у собі кілька наук: електроенергетику, електроніку, системи керування, обробку сигналів та телекомунікації.

Зенкерування (від німецького слова *Senken*) – вид механічної обробки різанням, при якому за допомогою спеціальних інструментів (зенкерів) одержують отвори або фаски різного діаметра та глибини, після попереднього свердління. Зенкерування є напівчистовим або інколи й чистовим видом обробки різанням.

Зубофрезерний верстат – верстат для обробки зубців шестерень та черв'ячних коліс за допомогою спеціальних фрез при використанні методу обкатування.

Конвеєр (від англійського *convey* – просувати) – спосіб організації виконання операцій над об'єктами, при реалізації якого весь процес впливу розділяються на послідовність стадій з метою підвищення продуктивності шляхом одночасного незалежного виконання операцій над декількома

об'єктами, що проходять різні стадії. Конвеєром також називають засіб пересування об'єктів між стадіями при використанні описаного способу організації.

Лазер (від англійського laser, скороченого від Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation – « посилення світла за допомогою змушеного випромінювання») – оптичний квантовий генератор, пристрій, що перетворює енергію накачування (світлову, електричну, теплову, хімічну) в енергію когерентного, монохроматичного, поляризованого й вузькопрямованого потоку випромінювання. Фізичною основою роботи лазера слугує квантовомеханічне явище змушеного (індукованого) випромінювання. Промінь лазера може бути безперервним, з постійною амплітудою, або імпульсним, сягаючим максимально великих пікових потужностей. У деяких схемах робочий елемент лазера використовується як оптичний підсилювач для випромінювання від іншого джерела.

Машина – пристрій, що виконує механічні рухи для перетворення енергії, матеріалів або інформації з метою заміни або полегшення фізичної чи розумової праці людини. Основними різновидами машин є енергетичні, технологічні та транспортні машини.

Машинобудування – галузь важкої промисловості, що забезпечує виготовлення різноманітних машин, обладнання, знарядь, пристроїв та приладів, а також предметів споживання й продукції оборонного призначення.

Металорізальний верстат – верстат, призначений для розмірної обробки металевих заготовок шляхом знімання з них стружки.

Механізм – сукупність елементів (зазвичай – деталей машин), що обмежують свободу руху один відносно одного взаємним опором. Механізми слугують для передавання та перетворення руху.

Механіка (від грецького μηχανική – мистецтво побудови машин) – наука про рух матеріальних об'єктів та взаємодії між ними. Найважливішими розділами механіки є класична механіка та квантова механіка.

Механічна обробка – обробка заготовок з різних матеріалів за допомогою механічного впливу різної природи з метою одержання за заданими формою та розмірами виробу, напівфабрикату чи заготовки, що буде піддаватись обробці на подальших технологічних операціях. У машинобудуванні використовується три види механічної обробки:

1. Обробка різанням, здійснюється на металорізальних верстатах шляхом проникнення інструмента в тіло заготовки з подальшим видаленням стружки й утворенням нової поверхні. Видами різання при обробці зовнішніх циліндричних поверхонь є: точіння, шліфування, притирання, обкатування, суперфінішування; при обробці внутрішніх циліндричних поверхонь – розточування, свердління, зенкерування, розвертування, протягування, шліфування, притирання, хонінгування, довбання; при обробці площинних поверхонь – стругання, фрезерування, шліфування. Крім цього, механічна обробка різанням розділяється за чистотою обробленої поверхні на чорнову, напівчистому та чистову обробку.

2. Обробка тиском – пластичне деформування заготовки, що здійснюється під впливом зовнішньої сили, при цьому змінюється форма, розміри та фізико-механічні параметри заготовки. До обробки тиском належать процеси: кування, штампування, пресування, накатування різьби.

3. Електрофізична обробка – основана на використанні специфічних явищ електричного струму: іскри (електроіскрова обробка), імпульсу (електроімпульсна обробка), дуги (електродугова обробка).

Напівавтомат – робоча машина, що виконує без участі робітника всі основні та частину допоміжних операцій. Виконання решти допоміжних операцій, а також налагодження та запуск машини в роботу потребують принаймні команди робітника. Наприклад, при експлуатації напівавтоматизованого металорізального верстата за участю робітника виконуються операції установа на верстат заготовок, знімання після обробки готових деталей та подачі команд на повторення циклу.

Парова машина – тепловий двигун зовнішнього згоряння, що перетворює енергію нагрітої пари в механічну роботу зворотно-поступального руху поршня та в обертальний рух вихідного вала.

Передавальний механізм – забезпечує підведення механічних енергії та руху від привода до виконавчого елемента із дотриманням заданих співвідношень їхніх швидкостей.

Порошкова металургія – технологія одержання металевих порошків та виготовлення виробів з них (або їхніх композицій з неметалевими порошками).

Потенціальна енергія – робота, яку необхідно виконати, щоб перенести тіло з певної точки відліку в задану точку в поле консервативних сил.

Привод – пристрій, призначений для перетворення енергії будь-якого виду в механічну роботу вхідного елемента передавального механізму.

Промисловий робот – автономний пристрій, що складається з механічного маніпулятора та системи керування, що може перепрограмовуватись. Застосовується для переміщення об'єктів у просторі в різних виробничих процесах. Промислові роботи є важливими компонентами автоматизованих гнучких виробничих модулів та комплексів, що дозволяють збільшити продуктивність праці.

Різьбова фреза – інструмент для нарізання внутрішніх та зовнішніх різьб на заготовках методом обкату.

Розвертування – вид чистової механічної обробки отворів різанням. Виконується після попереднього свердління та зенкерування для одержання отвору з меншою шорсткістю обробленої поверхні. Обертаний інструмент – розвертка має не менше чотирьох прямих, похилих або гвинтових різальних кромки, що рівномірно розташовуються по периферії інструмента.

Розточувальні верстати – група металорізальних верстатів, призначених для обробки заготовок великих розмірів в умовах одиничного та серійного виробництва. На даних верстатах можна виконувати розточування

(токарну обробку внутрішніх циліндричних поверхонь), свердління, зенкування (напівчистову обробку отворів), нарізання внутрішньої та зовнішньої різьб, обточування циліндричних поверхонь, підрізання торців, циліндричне й торцеве фрезерування. Іноді на розточувальних верстатах здійснюється остаточна обробка заготовки корпусної деталі без її переустановлення на інші верстати.

Система автоматизованого проектування (САПР) або CAD (від англійського Computer-Aided Design) – програмний пакет, призначений для створення креслень, конструкторської і/або технологічної документації і/або 3Д-моделей. Сучасні системи САПР зазвичай використовуються разом із системами автоматизації інженерних розрахунків та аналізу САЕ (Computer-aided engineering). Дані з CAD-систем передаються в САМ (від англійського Computer-aided manufacturing – систему автоматизованої розробки програм обробки деталей для верстатів з ЧПК або ГВС (гнучких виробничих систем)). Зазвичай САПР охоплює створення геометричних моделей виробу (твердотільних, тривимірних, складених), а також генерацію креслень виробу та їхньої супровідної документації. Потрібно зазначити, що український термін «САПР» має більш широке тлумачення, ніж «CAD» – він містить у собі CAD, САМ та САЕ.

Спеціалізація виробництва – форма суспільного розділення праці, зосередження виробництва окремих видів продукції або її частин у самостійних галузях, виробництвах, на спеціалізованих підприємствах. Спеціалізація виробництва сприяє збільшенню виробництва продукції, підвищенню її якості, зростанню продуктивності праці.

Стандартизація – вид діяльності зі встановлення норм, правил та характеристик з метою забезпечення: економії ресурсів; безпеки продукції, робіт та послуг для навколишнього середовища, життя, здоров'я й майна; безпеки господарських об'єктів з урахуванням ризику виникнення природних і техногенних катастроф та інших надзвичайних ситуацій; технічної й інформаційної сумісності, а також взаємозамінності продукції; якості продукції, робіт і послуг відповідно до рівня розвитку науки, техніки та технології; єдності вимірювань; обороноздатності й мобілізаційної готовності країни. Стандартизація передбачає розробку, опублікування і застосування стандартів. Стандартом називається документ, у якому з метою добровільного багаторазового використання встановлюються характеристики продукції, правила здійснення та характеристики процесів виробництва, експлуатації, збереження, перевезення, реалізації й утилізації, виконання робіт або надання послуг. Стандарт також може містити вимоги до термінології, символіки, упакування, маркірування або етикеток й правила їхнього нанесення.

Стругальний верстат – верстат для обробки плоских та фасонних поверхонь, пазів, уступів, шліцьових та шпонкових пазів тощо, за допомогою спеціальних стругальних різців, що здійснюють періодичні зворотно-поступальні переміщення відносно заготовки зі зніманням (зістругуванням)

з неї стружки, тоді як заготовка повільно зміщується у перпендикулярному до руху різців напрямку.

Супорт (від англійського та французького support, від латинського supporto – підтримую) – вузол, призначений для кріплення та ручного або автоматичного переміщення інструмента, наприклад у верстатах. Супорт зазвичай складається з різцетримача та проміжних деталей – полозків, що забезпечують заданий (повздовжній, поперечний або похилий) напрямок руху інструмента.

Тверді сплави – тверді та зносостійкі металеві матеріали, здатні зберігати ці властивості за температури 900–1150 °С. В основному виготовляються на основі карбідів вольфраму, титану, танталу, хрому при різному вмісті кобальту або нікелю. Розрізняють спечені та литі тверді сплави. Головною особливістю спечених сплавів є те, що вироби з них одержують методами порошкової металургії і вони піддаються тільки обробці шліфуванням або фізико-хімічними методами обробки (лазерній, ультразвуковій, травленням в кислотах). Литі тверді сплави призначені для наплавлення на інструмент й проходять не тільки механічну, але часто і термічну обробку (гартування, відпал, старіння). Порошкові тверді сплави закріплюються на інструменті паянням або механічно.

Теоретична механіка – наука про загальні закони механічного руху та взаємодію матеріальних тіл. Будучи по суті одним з розділів фізики, теоретична механіка, увібравши в себе фундаментальну основу у вигляді аксіоматики, виділилася в самостійну науку й отримала широкий розвиток завдяки своїм обширним та важливим застосуванням в природознавстві і техніці, однією з основ якої вона є.

Технологія – це сукупність методів застосування техніки та засобів виробництва продукції того чи іншого виду.

Токарний верстат – верстат для механічної обробки різанням заготовок з металів та інших матеріалів у формі тіл обертання. На токарних верстатах виконують обточування та розточення циліндричних, конічних й фасонних поверхонь, нарізання різьби, підрізання й обробку торців та фасок, свердління, зенкерування і розвертування отворів тощо. Заготовка одержує обертання від шпинделя, різець – різальний інструмент – переміщається разом із полозками супорта з приводом від ходового вала або ходового гвинта, що одержують обертання від механізму подачі.

Токарно-гвинторізні верстати – найбільш поширений тип верстатів токарної групи, які оснащуються ходовим гвинтом й коробкою подач для точного нарізання різьб різного кроку і типу.

Токарно-карусельні верстати – тип токарних верстатів, що оснащуються горизонтальною планшайбою (круглий стіл з пазами на верхній поверхні), що повільно обертається і на якому під час обробки закріплюється заготовка. Інструмент (інструменти) установлюється у вертикальному та боковому супорті, що поступально переміщується у вертикальному або ра-

діальному напрямках. На таких верстатах обробляються, як правило, великогабаритні заготовки з відношенням довжини до діаметра менше одиниці.

Університет (від німецького *Universität*, яке, у свою чергу, пішло від латинського *universitas* – сукупність, спільність) – вищий навчальний заклад, де навчаються фахівці з фундаментальних та багатьох прикладних наук. Як правило, здійснює й науково-дослідну роботу. Багато сучасних університетів діють як навчально-науково-практичні комплекси. Університети об'єднують в своєму складі декілька факультетів, на яких викладається сукупність різних дисциплін, що є складовими основи наукового знання.

Фасонний різець – різальний інструмент для механічної обробки криволінійних, прямолінійних похилих або декількох циліндричних та торцевих поверхонь заготовки одночасно за один робочий хід інструмента, методом врізання (під час переміщення різця в радіальному напрямку до осі заготовки).

Фізика (від давньогрецького *φύσις* – «природа») – галузь природознавства, наука, що вивчає найбільш загальні та фундаментальні закономірності, які визначають структуру та еволюцію матеріального світу.

Фреза – багатолезовий різальний інструмент у вигляді тіла обертання з різальними зубцями для фрезерування. Розрізняють циліндричні, торцеві, черв'ячні та інші фрези. Матеріалом різальної частини фрез можуть бути швидкорізальна сталь, твердий сплав, мінералокераміка, алмаз. Залежно від конструкції й типу зубців, фрези бувають суцільними (цілком з одного матеріалу), зварені (хвостовик та різальна частина виготовлені з різних матеріалів та зварені разом), складені (з різного матеріалу, але з'єднані стандартними кріпильними елементами – гвинтами, болтами, гайками, клинами).

Фрезерувальні верстати – група металорізальних верстатів у класифікації за видом обробки. Фрезерувальні верстати призначені для механічної обробки різанням за допомогою фрез плоских та фасонних поверхонь, тіл обертання, зубчастих коліс тощо металевих та інших заготовок. При цьому фреза, закріплена за допомогою цанги в шпинделі фрезерного верстата здійснює обертальний (головний) рух, а заготовка, закріплена на столі, виконує прямолінійний або криволінійний рух подачі. Керування може бути ручним, автоматизованим або здійснюватись за допомогою системи ЧПК.

Фундаментальна наука – термін, що позначає галузь знань, про загальні закономірності (аксіоми) навколишнього світу. Метою фундаментальної науки є створення єдиної теорії, що дозволяє дедуктивно описати абсолютно будь-які явища.

Хімія – одна з найважливіших та широких галузей природознавства, наука про речовини, їхні властивості, будову і перетворення, що відбуваються в результаті хімічних реакцій. Оскільки всі речовини складаються з атомів, які завдяки хімічним зв'язкам здатні формувати молекули, то хімія

займається, в основному, вивченням взаємодій між атомами та молекулами, отриманими в результаті таких взаємодій. Предмет хімії – хімічні елементи та їхні сполуки, а також закономірності, яким підкоряються різні хімічні реакції.

Черв'ячна фреза – різальний інструмент для нарізання зубців зубчастих коліс методом обкату, при реалізації якого реалізується зубчасте зачеплення інструмента та заготовки, що обертаються у взаємно перпендикулярних площинах: фреза – з більшою, а заготовка – з меншою кутовою швидкістю. Крім цього, заготовка здійснює повільне поступальне переміщення в площині обертання в напрямку до інструмента (рух врізання).

Числове програмне керування (ЧПК) – комп'ютеризована система керування, що зчитує інструкції на спеціалізованій мові програмування (наприклад, G-код) і керує приводами метало-, дерево- й пластмасооброблюваних верстатів, а також верстатним оснащенням. Інтерпретатор системи ЧПК здійснює переклад програми з вхідної мови у команди керування головним приводом, приводами подач, контролерами керування вузлів верстата. Для визначення необхідної траєкторії руху інструмента або заготовки відповідно до керувальної програми використовується інтерполятор, що розраховує положення проміжних точок траєкторії за заданими у програмі кінцевими координатами.

Швидкорізальні сталі – леговані сталі, призначені, головним чином, для виготовлення металорізального інструмента, що працює при високих швидкостях різання. Дані сталі мають високі опір руйнуванню та твердість (у холодному і гарячому стані), а також значну червоностійкість за рахунок їхнього легування вольфрамом, молібденом, ванадієм та кобальтом. Високі опір руйнуванню та твердість в холодному стані мають й вуглецеві інструментальні сталі. Однак інструмент з них не забезпечує обробки з високошвидкісними режимами різання.

Шпиндель – обертовий вихідний вал металорізального верстата з пристроєм для закріплення оброблюваної заготовки або різального інструмента.

Штамування – процес пластичної деформації заготовки зі зміною її форми та розмірів. Найчастіше штампуванню піддаються метали або пластмаси. Існують два основні види штампування – листове й об'ємне. Листовому штампуванню піддають заготовку, один з розмірів якої менший порівняно з двома іншими (до 6 мм). В іншому випадку штампування називається об'ємним. Для реалізації штампування використовуються преси, що дозволяють деформувати матеріали за допомогою механічного впливу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Довідник кваліфікаційних характеристик професій працівників [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.jobs.ua/ukr/dkhp/>.
2. Балашов В. М. Проектирование машиностроительных производств. Механические цеха / Балашов В. М., Мешков В. В., Схиртладзе А. Г. – Тверь : ТГТУ, 2005. – 158 с.
3. Міністерство освіти і науки України. Офіційний веб-сайт. Вища освіта України [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.mon.gov.ua/ua/activity/education/58/>.
4. Родин П. Р. Инженер-машиностроитель. Введение в специальность / П. Р. Родин, Б. И. Рушук. – Киев : Вища школа, 1975. – 150 с.
5. Балашов В. М. Введение в специальность «Технология машиностроения» : учебное пособие / Балашов В. М., Мешков В. В., Схиртладзе А. Г. – Тверь : ТГТУ, 2007. – 120 с.
6. Крутов В. И. Основы научных исследований : учебн. для техн. вузов / Крутов В. И., Грушко И. М., Попов В. В. – М. : Высш. шк., 1989. – 400 с.
7. Основы методології та організації наукових досліджень : навч. посібн. для студентів, курсантів, аспірантів та ад'юнктів / [Конверський А. Є., Лубський В. І., Горбаченко Т. Г. та інші]. – К. : Центр учбової літератури, 2010. – 352 с.
8. Іскович-Лотоцький Р. Д. Історія інженерної діяльності. Ч. II. : навчальний посібник / Р. Д. Іскович-Лотоцький, І. В. Севостьянов. – Вінниця : ВДТУ, 2003. – 127 с.
9. Виноградов В. М. Технология машиностроения. Введение в специальность : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Виноградов В. М. – [2-е изд., стер.]. – М. : Издательский центр «Академия», 2007. – 176 с.
10. История техники / [Зворыкин А. А., Осьмова Н. И., Чернышев В. И., Шухардин С. В.]. – М. : Соцэкгиз, 1962. – 772 с.
11. Металлорежущие инструменты : учебник для вузов по специальностям «Технология машиностроения», «Металлорежущие станки и инструменты» / [Сахаров Г. Н., Арбузов О. Б., Боровой Ю. Л. и др.]. – М. : Машиностроение, 1989. – 328 с.
12. Обработка резанием в машиностроении / [Балашов В. М., Мешков В. В., Рыков С. П., Схиртладзе А. Г.]. – Тверь : ТГТУ, 2004. – 178 с.
13. Гибкие производственные комплексы / [Лещенко В. А., Киселев В. М., Куприянов Д. А. и др.]. – М. : Машиностроение, 1984. – 384 с.
14. Іскович-Лотоцький Р. Д. Історія інженерної діяльності. Ч. I. : навчальний посібник / Р. Д. Іскович-Лотоцький, І. В. Севостьянов. – Вінниця : ВДТУ, 2003. – 123 с.
15. Лахтин Ю. М. Материаловедение : учебник для высших технических учебных заведений / Ю. М. Лахтин, В. П. Леонтьева. – [3-е изд., перераб. и доп.]. – М. : Машиностроение, 1990. – 528 с.

16. Соппротивление материалов : учебник для вузов / [под общ. ред. акад. АН УССР Г. С. Писаренко]. – [4-е изд. перераб. и доп.]. – Киев : Вища школа, Головное изд-во, 1979. – 696 с.
17. Справочник технолога-машиностроителя : в 2-х т. Т. 1. / [под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова]. – [4-е изд. перераб. и доп.]. – М. : Машиностроение, 1985. – 656 с.
18. Маталин А. А. Технология машиностроения : учебник для машиностроительных вузов по специальности «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» / Маталин А. А. – Л. : Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1985. – 496 с.
19. Кузнецов М. М. Проектирование автоматизированного производственного оборудования : учеб. пособие для вузов / Кузнецов М. М., Усов Б. А., Стародубов В. С. – М. : Машиностроение, 1987. – 288 с.
20. Автоматизация производственных процессов в машиностроении : учеб. для вузов / [Капустин Н. М., Кузнецов П. М., Схиртладзе А. Г. и др.] ; под ред. Н. М. Капустина. – М. : Высш. шк., 2004. – 415 с.
21. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы : учебник для машиностроительных вузов / [Башта Т. М., Руднев С. С., Некрасов Б. Б. и др.]. – М. : Машиностроение, 1982. – 423 с.
22. Іскович-Лотоцький Р. Д. Процеси та машини вібраційних та віброударних технологій : монографія / Іскович-Лотоцький Р. Д., Обертюх Р. Р., Севостьянов І. В. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2006. – 291 с.
23. Щелкунов Е. Б. Механизмы параллельной структуры в металлорежущих станках / Щелкунов Е. Б., Виноградов С. В., Щелкунова М. Е., Самар Е. В. // Ученые записки Комсомольск-на-Амуре государственного технического университета. – 2012. – № IV-1 (12). – С. 52 – 61.
24. Голицин А. Н. Основы промышленной экологии / Голицин А. Н. – М. : Академия, 2004. – 240 с.
25. Грачева К. А. Организация и планирование машиностроительного производства / Грачева К. А., Захарова М. К., Одинцова Л. А. – М. : Высшая школа, 2003. – 470 с.

Навчальне видання

Севостьянов Іван Вячеславович

ВСТУП ДО ФАХУ

Навчальний посібник

Редактор О. Кондратьєва

Оригінал-макет підготовлено І. Севостьяновим

Підписано до друку
Формат 29,7×42¼. Папір офсетний.
Гарнітура Times New Roman.
Друк різнографічний. Ум. друк. арк.
Наклад пр. Зам. №

Вінницький національний технічний університет,
навчально-методичний відділ ВНТУ.
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95.
ВНТУ, к. 2201.
Тел. (0432) 59-87-36.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.

Віддруковано у Вінницькому національному технічному університеті
в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі.
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95.
ВНТУ, ГНК, к. 114.
Тел. (0432) 59-87-38,
publish.vntu.edu.ua; e-mail: kivc.vntu@gmail.com.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.