

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут”

ТЕХНОЛОГІЯ ПРИЛАДОБУДУВАННЯ

Навчальний посібник

Київ 2010

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут”

Затверджено на засіданні
кафедри виробництва приладів
протокол № __ від “__” _____ 2010 р.

ТЕХНОЛОГІЯ ПРИЛАДОБУДУВАННЯ

Навчальний посібник

для студентів напряму підготовки
6.051003 «Приладобудування»,
7.090902 «Наукові, аналітичні та екологічні прилади та системи»

Затверджено Методичною радою НТУУ «КПІ»

Київ 2010

Технологія приладобудування: навчальний посібник для студентів напрямку підготовки 6.051003 «Приладобудування», 7.090902 «Наукові, аналітичні та екологічні прилади та системи» приладобудівного ф-ту / Уклад.: Автори: Шевченко В.В., Осадчий О.В., Симута М.О. – К.: НТУУ «КПІ», 2010. – 128 с.

*Гриф надано Методичною радою НТУУ «КПІ»
(Протокол № __ від _____)*

ТЕХНОЛОГІЯ ПРИЛАДОБУДУВАННЯ

Навчальний посібник

для студентів напрямку підготовки
6.051003 «Приладобудування»,
7.090902 «Наукові, аналітичні та екологічні прилади та системи»

Укладачі: *Шевченко В.В., к.т.н., доцент*
Осадчий О.В., асистент
Симута М.О., асистент

Відповідальний редактор:
Румбешта В.О., д.т.н., професор

Рецензенти:
Гераймчук М.Д., д.т.н., професор

За редакцією укладачів

Надруковано з оригінал-макета замовника

Темплан 2010, поз. _____

Підп. до друку _____ Формат 60x84¹/₁₆. Папір офс. Гарнітура – Times.
Спосіб друку – ризографія. Ум. друк. арк. 3,95. Обл.-вид.арк. _____
Тираж 50 Зам. _____
Лабораторія офсетного друку НТТУ «КПІ»

НТУУ «КПІ» ВПІ ВПК «Політехніка»
Свідоцтво ДК № 1665 від 28.01.2004 р.
03056, Київ, вул. Політехнічна, 14, корп. 15
тел./факс(044)241-68-78

ЗМІСТ	стр.
1. ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ПРИЛАДІВ.....	6
1.1. Визначення і характеристики виробничого та технологічного процесів.....	6
1.2. Техніко-економічні та технологічні особливості приладобудування.....	9
1.3. Структура технологічного процесу виготовлення деталей	11
1.4. Задачі технологічної підготовки виробництва приладів.....	13
1.5. Методи розробки технологічних процесів виготовлення деталей приладів.....	14
1.6. Точність деталей приладів.....	18
1.7 Якість поверхонь деталей приладів.....	26
1.8 Типи виробництв в приладобудуванні.....	28
1.9. Технологічність деталей приладів.....	30
2. МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ПРИЛАДІВ.....	33
2.1. Потрібність та якість приладів.....	33
2.2 Вартість та якість приладів.....	34
2.3 Аналіз факторів, які впливають на якість приладів.....	36
2.4. Методи та принципи управління якістю.....	46
2.5. Показники якості приладів.....	50
2.6 Структура управління якістю приладів.....	58
3 ОСНОВНІ ПРОЦЕСИ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ ПРИЛАДІВ.....	61
3.1 Виготовлення деталей приладів литтям.....	61
3.2. Виготовлення деталей приладів штамповкою.....	65
3.3 Технологія виготовлення деталей приладів з пластмас та кераміки.....	66
3.4. Електрофізичні та електрохімічні методи обробки деталей приладів.....	67
3.4.1. Електроерозійна обробка.....	69

3.4.2. Променева обробка.....	76
3.4.3. Ультразвукова обробка.....	77
3.4.4. Електрохімічна обробка.....	79
3.5 Покриття в приладобудуванні.....	79
3.6 Технологія тонкошарового покриття.....	83
3.6.1. Тонкі плівки та їх використання.....	83
3.6.2. Методи отримання тонких плівок.....	84
3.6.3. Електрохімічне осадження (електроліз).....	85
3.6.4. Хімічне осадження.....	86
3.6.5. Осадження з газової фази.....	86
3.6.6. Осадження з розчинів гідролізуючих розчинів.....	86
3.6.7. Випаровування у вакуумі.....	87
3.6.8. Катодне розпилення.....	87
3.6.9. Переваги та недоліки методів отримання тонких плівок.....	88
4. ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ТИПОВИХ ДЕТАЛЕЙ ПРИЛАДІВ.....	93
4.1 Типові методи обробки отворів.....	93
4.2 Типові методи обробки плоских поверхонь і пазів.....	94
5. ТЕХНОЛОГІЯ СКЛАДАННЯ ПРИЛАДІВ.....	99
5.1. Технологічність складальної одиниці.....	99
5.2. Методи забезпечення точності складання.....	102
5.2.1. Забезпечення розмірної взаємозамінності.....	103
5.2.2 Забезпечення фізичного взаємозамінності.....	109
5.3. Організаційні форми складання.....	111
5.4. Технологія електромонтажних робіт.....	115
5.5. Випробування приладів.....	118
ЛІТЕРАТУРА.....	125

ВСТУП

Технології приладобудування і спрямованість її розвитку обумовлюється завданнями вдосконалювання технологічних процесів, знаходження і вивчення нових методів виробництва, подальшого розвитку і впровадження комплексної механізації та автоматизації виробничих процесів на базі досягнень науки й техніки, що забезпечують найбільш високу продуктивність праці при належній якості і найменшій собівартості продукції, що випускається.

Сукупність методів і прийомів виготовлення приладів, що виробляються і використовуються у певній області науки і техніки, становить технологію цієї області.

Під "технологією приладобудування" прийнято розуміти наукову дисципліну, що вивчає процеси механічної обробки деталей та складання приладів. Для неї також актуальними є питання вибору заготовок і методи їх виготовлення. Це обумовлено тим, що в приладах використовуються деталі складної форми з високою точністю і якістю їхніх поверхонь. Внаслідок цього широко застосовується механічна обробка, тому що інші способи отримання поверхонь не завжди можуть забезпечити виконання цих вимог. Також широко застосовується нанесення різноманітних покриттів на робочі поверхні деталей. Значне місце в технології приладобудування займає складання та випробування приладів.

В даному посібнику стисло викладені всі необхідні розділи, які викладаються з дисципліни «Технологія приладобудування» для спеціальності 7.090902 - «Наукові, аналітичні та екологічні прилади та системи».

1. ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ПРИЛАДІВ

1.1. Визначення і характеристики виробничого та технологічного процесів

Виробничий процес – підготовка засобів виробництва та організація обслуговування робочих місць; одержання та зберігання матеріалів і напівфабрикатів; складання виробів у процесі виробництва та доставка на склад готової продукції; технічний контроль на всіх стадіях виробництва, включаючи випробування готових виробів тощо. Виробничий процес містить ряд операцій, які поділяють на *основні* та *допоміжні*.

До основних належать процеси виготовлення деталей і складання з них приладів, а до допоміжних – виготовлення та заточування інструменту, ремонт та обслуговування обладнання, внутрішньозаводське транспортування та зберігання тощо.

Основою виробничого процесу є *технологічний процес* виготовлення деталей та виконання дій, направлених на зміну і наступне визначення стану предмета виробництва. Технологічні процеси механічної обробки супроводжуються зміною форми заготовки, а термічної – фізичних і механічних властивостей матеріалу. Виділення технологічного процесу із загального виробничого процесу має деяку умовність. Наприклад, від вимірювання деталі форма її не змінюється, але ця операція належить до технологічного процесу. Установка та зняття деталі з верстата – це частини технологічного процесу, але транспортування деталі вздовж цеху в технологічний процес не входить, хоча і є частиною виробничого процесу.

Технологічний процес виробництва (рис. 1.1) має три стадії: заготовчу, обробну, складальну.

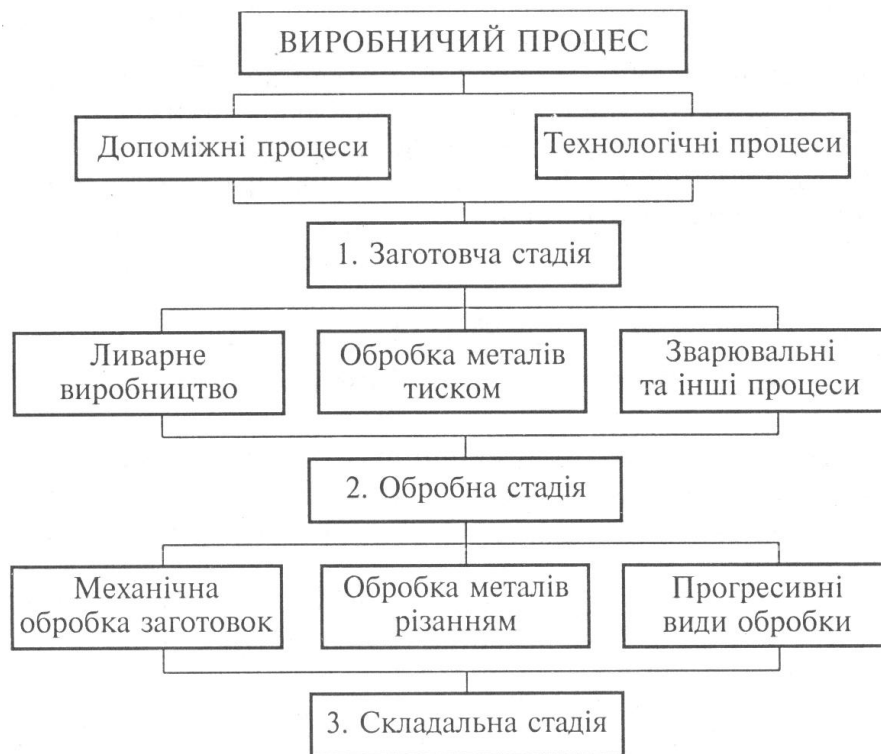


Рис. 1.1. Складові виробничого процесу

Деталі виробів під час виготовлення проходять заготовчу стадію (вилиття, кування, штампування, прокатування тощо) і стадію надання заготовці потрібних розміру та форми відповідно до креслення, і заготівка перетворюється на деталь. На обробній стадії виробництва заготівки зазнають певних змін, внаслідок яких виготовляється деталь. Під час останньої стадії готові деталі складаються у вироби, випробовують їх дію, фарбують, оздоблюють, маркірують тощо.

Технологічний процес вибирають так, щоб забезпечити виготовлення деталей необхідної якості з найменшими затратами часу і праці за умови невисокої собівартості продукції.

Технологічний процес складається з технологічних операцій, а операції – з установів і позицій, технологічних елементарних і допоміжних переходів, робочих і допоміжних ходів та прийомів.

Технологічною операцією називають закінчену частину процесу, що виконується на одному робочому місці. Так, процес виготовлення вала із шпонковою канавкою складається з двох операцій: *токарної* (обточування вала) і *фрезерної* (фрезерування шпонкової канавки). У процесі обробки

заготовки можлива зміна її положення.

Частина операції, що виконується при незмінному, закріпленні заготовки, яка обробляється, називається *установом*. Він складається з позицій.

Позицією називають фіксоване положення, яке займає закріплена заготовка разом з пристроєм відносно інструмента під час виконання певної частини операції.

Закінчену частину операції, що характеризується постійністю інструмента та оснащення за однакових режимів різання та установки заготовки, називають *технологічним переходом*.

Елементарним переходом називають частину переходу, яка виконується без зміни режиму одним інструментом і на одній поверхні, що обробляється за один робочий хід.

Усі дії, що здійснюються за допоміжний хід, називають *допоміжним переходом*.

Обточуючи деталь, виконують робочі та допоміжні ходи. Закінчену частину переходу, яка складається з одноразового переміщення інструмента відносно заготовки, що супроводжується зміною форми, розмірів, шорсткості чи властивості заготовки, називають *робочим ходом*.

Закінчену частину переходу, яка складається з одноразового переміщення інструмента відносно заготовки, що не супроводжується зміною форми, розмірів, шорсткості чи властивості заготовки, але необхідну для виконання робочого ходу, називають *допоміжним ходом*.

Для здійснення процесу робітник виконує ряд дій, наприклад закріплює заготовку в патроні токарного верстата або різець у різцетримачі. Таку певну закінчену дію робітника, спрямовану на виконання елементів технологічного процесу, називають *прийомом*.

Отже, елементами технологічного процесу є технологічна операція, установча позиція, переходи робочі та допоміжні. Виготовлення деталей складається з різних елементів процесу. Залежно від матеріалу та форми

заготовок, наявного обладнання та інструментів, виду виробництва, вміння робітника застосовувати технологію, технічні вимоги, що ставляться до деталі (точність, шорсткість поверхні), розробляють елементи процесу обробки різанням, які оформляються у вигляді технологічних карт.

1.2. Техніко-економічні та технологічні особливості приладобудування

Технологія приладобудування – складна та багатопланова галузь.

Технологія приладобудування – наука по вивченню процесів виробництва різноманітних приладів. Слово «технологія» утворено з двох грецьких слів: *техно* – майстерність та *логос* – наука.

Сучасні прилади складаються з великої кількості різноманітних деталей, елементів, складальних одиниць, які виконують безліч функцій. Конструкція приладу визначається його застосуванням, призначенням та схемним виконанням. Так, наприклад, бортові прилади працюють в умовах дії значних прискорень, ударних та вібраційних навантажень, високої температури та вологості, а також різких переходів від високих температур до низьких. Для надійної роботи цих пристроїв необхідно застосовувати найбільш раціональні методи технологічних процесів виготовлення окремих компонентів, складання та монтажу.

До загальних вимог до приладів відносяться: точність, надійність, низька собівартість, міцність, мінімальні габарити та маса, простота конструкції.

До спеціальних вимог відносяться: температуростійкість, вологостійкість, висотність, віброміцність, герметичність.

Техніко-економічні особливості приладобудування:

1. Швидка змінність виробів у виробництві, що призводить до розширення номенклатури деталей. Тому всі більше значення здобуває прискорений запуск виробів у виробництво.
2. Велика кількість деталей, які входять до складу приладу, що тягне за

собою використання великої кількості спеціального оснащення та інструменту.

3. Особливі вимоги до матеріалів.
4. Складні контрольно-вимірювальні прилади та стенди.
5. Високі вимоги до кваліфікації кадрів та, відповідно, високий рівень заробітної плати.

Технологічні особливості приладобудування:

1. Багатогранність технологічних процесів, які обумовлюються різноманітністю матеріалів що використовуються (кераміка, пластмаси, магнітні матеріали, нанесення струмопровідячих плівок, нанесення покриттів у вакуумі, коштовні метали, Al та Mg сплави, титан, нержавіюча сталь). Обробка таких матеріалів повинна проводитися з мінімальними втратами, що ускладнює технологічний процес.
2. Відносно висока точність, що обумовлено малими розмірами деталей (до 5мм – 60-80%, до 1мм – 30%), а також високим квалітетом точності (середній квалітет точності 8-10).
3. Модульний метод складання приладів та систем. При цьому методі підвищується продуктивність складання, а також надійність приладів, завдяки досконалому відпрацюванню, налагодженню та випробуванню модулів.
4. Використання мікромодулів на інтегральних схемах. Це призводить до використання нових технологічних процесів: багат шаровий друкований монтаж, мікрозварювання, мікропаяння.
5. Особливі вимоги до точності форми деталі (бочко подібність, нециліндричність, некруглість, паралельність тощо), а також до точності взаємного розташування поверхонь деталей та складальних одиниць (перенос осей, неперпендикулярність, несоосність, радіальне биття).
6. Термічна стабілізація – це забезпечення в деталях постійності розмірів, що досягається чергуванням операцій механічної обробки та термічної

стабілізації.

7. Обробка на спеціальних (спеціалізованих) верстатах, прецизійних, верстатах з ЧПК.
8. Використання спеціального різального інструменту, квалітет точності якого на один квалітет вище квалітету точності поверхні деталі, яка оброблюється.
9. Використання багатомісних пристосувань при обробці деталей приладів, що призводить до зменшення часу на установку та закріплення деталей.
10. Використання безконтактних методів та засобів вимірювання та контролю (електромагнітних, оптичних та пневматичних). Тому що контактні методи контролю деталей через зусилля при вимірюванні можуть викликати деформацію та погіршність, і тому не використовуються.
11. Різноманіття способів отримання заготовок (прокат різних сортamentів, лиття, штамповка, електрофізичні та електрохімічні методи тощо).
12. Висока точність заготівельних робіт.
13. Використання усіх видів покриттів для надання поверхням деталей спеціальних властивостей, захисту від корозії, а також використання технології тонкошарового покриття.

1.3. Структура технологічного процесу виготовлення деталей приладів

Найбільш довгим варіантом перетворення вхідного матеріалу в готову деталь буде такий порядок поступового переходу від первісних розмірів отриманого матеріалу до заданих розмірів та форми деталі, коли технологічним процесом передбачається всі чотири стадії наближення:

1. Заготовча стадія.
2. Чорнова обробка.

3. Чистова обробка.

4. Оздоблювальна обробка.

На технологічний маршрут виробництва деталі впливає заготовка та спосіб її отримання.

Вибір способу отримання заготовки впливає на число та трудомісткість операцій наступної механічної обробки та загальну собівартість всього технологічного процесу.

При точно виготовляємих заготовках число операцій механічної обробки (різання) буде невеликим.

При грубо виготовлених заготовках великі припуски подовжують механічну обробку. Вартість механічної обробки різко збільшується, хоча процес отримання заготовки спрощується та здешевлюється.

Таким чином при розробці технологічного процесу деталі що виготовляється можливі два принципіально протилежних напрямки:

1. Отримання заготовки, яка максимально наближається по формі та розмірам до готової деталі. При цьому на заготівельні цехи припадає більша частина трудомісткості виготовлення деталей та менша доля припадає на механічні.
2. Отримання грубої заготовки з великим припуском, коли на механічні цехи припадає основна доля трудомісткості.

Друге направлення – одиничне та малосерійне виробництво, коли використання коштовного обладнання в заготівельних цехах зовсім не економічно.

Вибір методу отримання заготовки в значній мірі визначається фізико-хімічними властивостями матеріалу, з якого повинна бути виготовлена деталь.

У приладобудуванні для отримання заготовок та наступного виготовлення деталей використовуються різноманітні методи обробки: лиття, гаряча та холодна штамповка, спеціальні види обробки тиском, електрофізичні та електрохімічні методи обробки, обробка різанням і т.д.

1.4. Задачі технологічної підготовки виробництва приладів

Технологічна підготовка виробництва представляє собою розв'язок складної комплексної задачі. Під розв'язком цієї задачі розуміють забезпечення найбільш економічного виготовлення приладів, що повністю відповідають своєму службовому призначенню. При розв'язку цієї задачі потрібно знайти оптимальний при даних виробничих умовах варіант переходу від напівфабрикату, який, зазвичай, поставляється заготівельними цехами, до готових деталей, а потім до складання приладу та його випробування. Обраний варіант (оптимальний) на усіх етапах технологічного маршруту повинен забезпечити мінімальну собівартість. Тому при здійсненні технологічної підготовки потрібно враховувати вплив великої кількості різноманітних факторів, оцінити їх питомих значення та на їх основі проектувати технологічний процес.

Розробку технологічного процесу доцільно вести у певній послідовності:

1. Вивчити за складальними та робочими кресленнями, технічними умовами, нормами точності та вимогами специфічних умов експлуатації службове призначення деталей, елементів приладів і систем та вимоги, що до них пред'являються.
2. Виявити кількість заготовок, деталей, складальних одиниць, що підлягають виготовленню в одиницю часу.
3. Намітити види та організаційні форми майбутніх технологічних процесів (поточне або непоточне виробництво, види потоків, форми організації).
4. Розробити технологічні процеси отримання заготовок (якщо виготовляти деталі безпосередньо з напівфабрикатів неекономно або фізично неможливо), виготовлення деталей приладів та складання деталей в складальні одиниці, прилади та системи.

Технологічні процеси на всіх етапах повинні обиратися з декількох

можливих та бути найбільш економічними при своїй реалізації. В переліку вказаних вище робіт по технологічній підготовці виробництва велике значення мають витрати, пов'язані з проектуванням технологічних процесів.

1.5. Методи розробки технологічних процесів виготовлення деталей приладів

При впровадженні нових та вдосконаленні відомих технологічних процесів велике значення має вибір раціональних методів їх проектування. При проектуванні технологічних процесів часто застосовують метод індивідуальної розробки технологічного процесу для кожної деталі окремо. Однак в умовах великої номенклатури виробів та зростаючих вимог до подальшого збільшення номенклатури виробництва цей метод себе не виправдовує. Його негативна сторона – великі витрати часу та засобів на розробку технології та пошук її оптимального варіанту, що гальмує вдосконалення існуючих та впровадження нових технологічних процесів.

Характерні особливості виробництва приладів (питома вага малосерійного виробництва – 70-80%, часта зміна номенклатури виробів, а також задачі поліпшення економічних показників, зниження собівартості, підвищення продуктивності праці) та скорочення строків підготовки виробництва викликали необхідність постановки та рішення важливої технологічної проблеми, яка полягає в розробці та впровадженні нових принципів проектування технологічних процесів.

Змінити таку систему організації та підготовки виробництва можливо шляхом переходу від розробки індивідуальних процесів до уніфікації. Уніфікацію ведуть у двох напрямках: впровадження типових технологічних процесів та впровадження групових технологічних процесів.

Типові технологічні процеси використовуються в багатосерійному та

масовому виробництві, а групові технологічні процеси – в одиничному та малосерійному виробництві. Ці два методи взаємопов'язані та повинні знаходити своє раціональне використання, кожен в певних умовах виробництва. Вони дозволяють економічно ефективно використовувати найбільш прогресивний підхід до розробки технологічних процесів з відшукуванням оптимальних варіантів, при цьому отримувати, ототожнювати, впроваджувати у практику виробництва наукові та технічні досягнення при розробці нових процесів, що входять у різноманітні «технологічні ланцюжки» виготовлення того чи іншого класу виробів.

Раціональна система розробки технологічних процесів дозволяє створити принципи їх типізації.

Типізація – розподіл деталей що виготовляються на конструктивно - технологічні класи (типи) та розробка для кожного з них типового технологічного процесу.

Під типовим технологічним процесом розуміють процес виготовлення деталей однієї класифікаційної групи (ряду деталей однакового конструктивного оформлення при однакових вимогах до їх точності та якості обробки поверхонь при певній програмі випуску), яка визначає основні елементи конкретного процесу: спосіб базування, закріплення, послідовність операцій, типи обладнання та оснащення. По типовому технологічному процесу можливо скласти конкретний процес обробки будь-якої деталі даної класифікаційної групи для заданих виробничих умов.

Сутність типізації технологічних процесів зводиться до наступного:

1. Деталі різних виробів об'єднують у класи, підкласи та типи в залежності від конфігурацій, розмірів, точності та якості поверхонь деталей. Наприклад, до характерних класів деталей можна віднести зубчаті колеса, вали, втулки, корпуси. У свою чергу ці класи можуть бути розбиті на підкласи в залежності від форми деталей (для класу валів підкласами можуть бути вали гладкі, ступінчаті, з буртиками).

Підкласи можна підрозділити на типи, в які входять однотипові деталі, які відрізняються між собою розмірами.

2. Для кожного класу технологічно схожих деталей розробляють типовий технологічний процес, який можна використовувати при обробці кожної деталі, яка входить до даного класу.
3. Типовий технологічний процес може містити принципові вказівки про методи обробки деталей даного класу, план операцій обробки деталей певного підкласу або типу, повну послідовність операцій та переходів обробки деталей певного типу.
4. При побудові типового технологічного процесу систематизують досягнення промисловості та наукових досліджень, які стосуються виготовлення подібних деталей.

Приступаючи до проектування технологічного процесу для нової деталі, необхідно встановити до якого типу вона відноситься. Цим відразу визначається принциповий зміст технологічного процесу. Проектування технологічного процесу не тільки прискорюється, але і виявляється більш надійним, тому що типовий технологічний процес розробляється з проведенням усіх необхідних зіставлень та розрахунків.

Впровадження типових технологічних процесів дозволяє значно знизити трудомісткість виробів, підвищити якість продукції, скоротити цикл підготовки виробництва, створити єдині технічно обґрунтовані норми, розробити та впровадити принципово нові методи обробки.

При розробці індивідуальних технологічних процесів для кожної деталі в одиничному та серійному виробництві різко обмежені можливості використання високопродуктивних методів обробки, характерних для багатосерійного та масового виробництва. Приближенню одиничного та малосерійного до умов багатосерійного та масового слугує високо коефіцієнтний метод групової обробки деталей.

В основі групової технології лежить об'єднання (групування) деталей по спільності не тільки їх конструктивного оформлення, але і

технологічних операцій та переходів обробки деталей незалежно від їх призначення, що дозволяє в умовах одиничного та малосерійного виробництва виготовляти більшість деталей високопродуктивними методами, характерними для масового та серійного виробництва.

По методу групової технології створюють комплексні та типові спеціалізовані настройки. Перші з них призначені для одиничного та малосерійного виробництва. Технологічний процес, який лежить в основі таких настройок, характеризується використанням послідовно-поелементною обробкою поверхонь деталей. При комплексній настройці можливо виготовляти велику кількість деталей, які відрізняються не тільки по довжині та діаметру, але і за конфігурацією. Типові спеціалізовані настройки, які розробляються для встановлених деталей (які йдуть серіями), як правило, одного класу або типу.

Метод групової технології заснований на класифікації з виділенням групи деталей, для обробки яких потрібно однотипне обладнання, загальні пристосування та настройки верстата.

Групова обробка може бути використана як для окремих операцій, так і при повному виготовленні групи деталей, які мають загальну послідовність операцій.

Впровадження групової обробки вимагає проведення підготовчої роботи, яка включає у себе:

1. Класифікацію деталей (групування).
2. Розробка технологічного процесу для групи деталей.
3. Проектування групових пристосувань та інструментальних наладок.
4. Модернізування обладнання та створення спеціалізованого технологічного обладнання при забезпеченні достатньо високої автоматизації.

При груповому методі в основі лежить принцип класифікації деталей по видам обробки та по загальності технологічного маршруту.

При створенні груп враховують габарити деталей, тому що вони

визначають розміри обладнання та пристосувань, які необхідні для їх виготовлення. Крім того враховують: геометричну форму (конфігурацію деталі), загальність поверхонь які підлягають обробці, квалітет точності поверхонь деталі, серійність.

При групуванні за основу беруть характеру деталей даної групи, що носить назву комплексної деталі. Ця деталь, повинна містити у собі всі геометричні елементи деталей даної групи, а створений для неї технологічний процес з невеликими додатковими підналадками обладнання може використовуватися при виготовленні будь-якої деталі даної групи, яка складається з таких же геометричних елементів.

Комплексна деталь може бути реальною або умовною. Реальною приймають найбільш складну деталь даної групи, яка виконує функцію комплексної деталі. Під умовною розуміють штучно створену деталь, яка містить усі елементи деталей даної групи.

Досвід підприємств показує, що групова технологія може знайти та знаходить ефективне застосування на всіх стадіях виробництва, починаючи від заготівельних операцій та закінчуючи складальним процесом. Впровадження групового методу має велике значення в розв'язку проблем економічності виробництва виробів в приладобудуванні.

1.6. Точність деталей приладів

Точність більшості виробів приладобудування є найважливішою характеристикою їх виготовлення. Сучасні потужні та високошвидкісні прилади не можуть функціонувати при недостатній точності їхнього виконання у зв'язку з виникненням додаткових динамічних навантажень і вібрацій, що порушують нормальну роботу виробів та спричиняють руйнування.

Підвищення точності виготовлення деталей і складання вузлів

збільшує довговічність і надійність експлуатації механізмів та приладів. Цим пояснюється жорсткість вимог до точності виготовлення деталей і приладів у цілому. Якщо недавно в приладобудуванні під точними розумілися деталі, виготовлені в межах допусків декількох сотих часток міліметра, то в цей час для деяких точних виробів потрібні деталі з допусками на розміри в кілька мікрометрів або навіть десятих часток мікрометра.

Під *точністю обробки* розуміють відповідність розмірів виготовленої деталі і розмірів, вказаних на рис. 1.2. Чим менша різниця між цими розмірами, тим вищою вважається точність обробки.

Розміри, які поставив конструктор на кресленні, називаються *номінальними*.

Розміри, які має деталь після остаточної обробки, називають *дійсними*.

Дійсний розмір визначають, вимірюючи деталь відповідними вимірювальними інструментами. Дійсні розміри майже завжди відрізняються від номінальних – вони бувають або більші, або менші за них. Ці відхилення свідчать про точність виготовлення виробу, а дійсні розміри, що допускаються за даної точності, називаються *граничними*. Найбільший допустимий дійсний розмір називають *найбільшим граничним розміром*, а найменший допустимий дійсний розмір – *найменшим граничним розміром*.

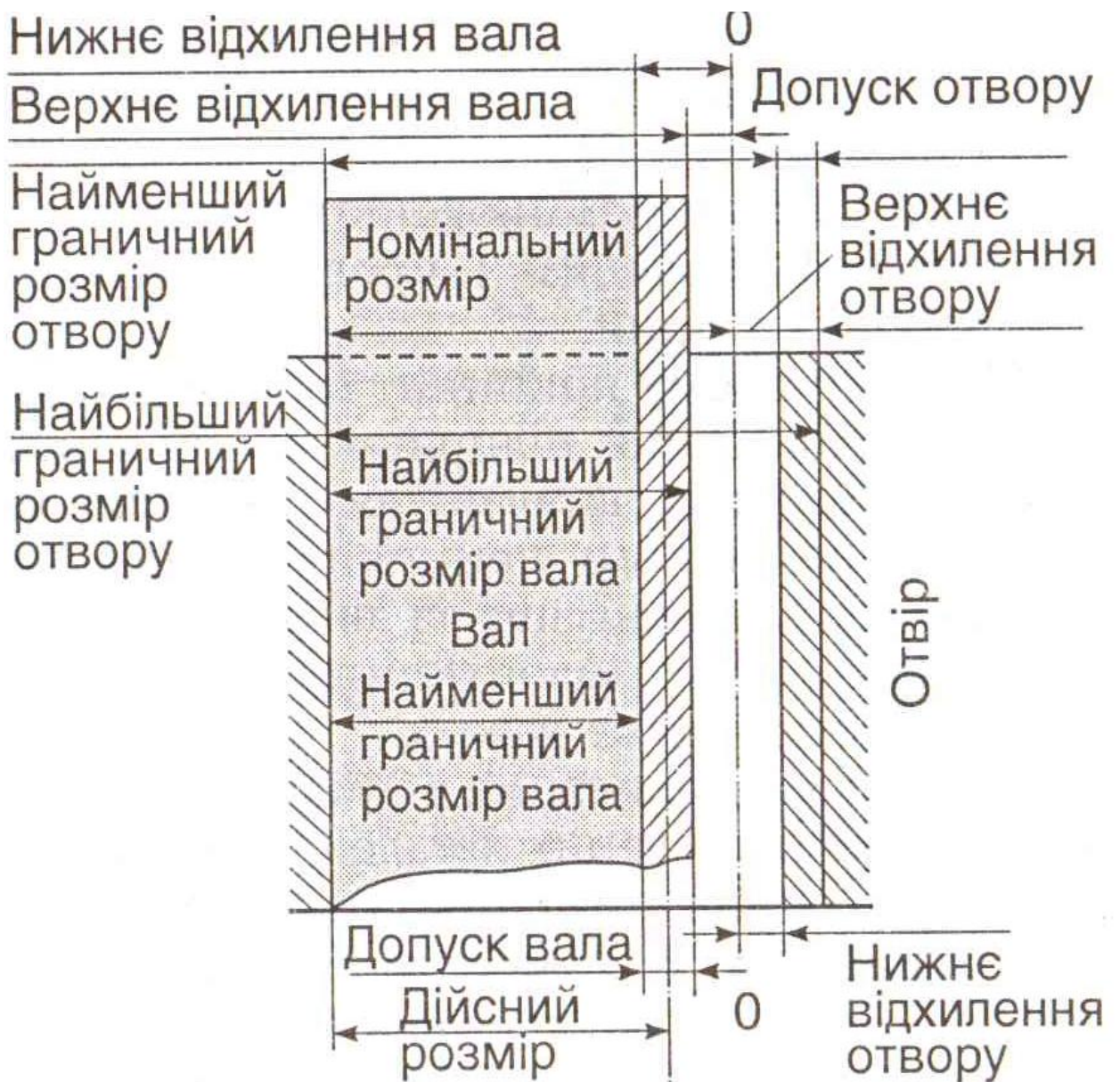


Рис. 1.2. Поле допуску та допуск

Різниця між найбільшим граничним розміром і номінальним називається *верхнім відхиленням*, а між найменшим граничним розміром і номінальним – *нижнім відхиленням*. Різницю між найменшим і найбільшим граничними розмірами деталі називають *допуском*, а проміжок між верхнім і нижнім відхиленням – *полем допуску*. Деталі з розмірами, що не виходять за межі поля допуску – якісні та придатні для використання.

Під час виготовлення деталей допускаються незначні відхилення від номінальних розмірів, щоб деталі можна було взаємозамінювати. *Взаємозамінюваними* називають деталі, які в разі спрацювання або

поломки можна замінити іншими без будь-якої додаткової обробки або припасовки. Взаємозамінюваність робить сучасне виробництво досконалішим і продуктивнішим, особливо під час ремонту приладів.

Завдяки цьому принципу впроваджується кооперування та спеціалізація підприємств, бо створюються умови для виготовлення деталей для однакових приладів на різних заводах. Без такого принципу виробництва неможлива була б також механізація та автоматизація процесів. Проте виготовити кілька однотипних деталей абсолютно однакових розмірів дуже важко.

Допустимі коливання розмірів характеризують ступінь точності виготовлених деталей. Відповідно для визначення точності виготовлення стандартом встановлено певні допуски – ДСТУ 2500-94 встановлено 20 квалітетів.

Квалітет – сукупність допусків, що відповідають однаковому рівню точності всіх номінальних розмірів. Прийняті умовні позначення відхилень: верхнє відхилення отвору *ES*; верхнє відхилення вала *es*; нижнє відхилення отвору *EL*, нижнє відхилення вала *el*.

Основне – відхилення (верхнє або нижнє), яке визначає положення поля допуску відносно нульової лінії.

Характер з'єднання двох деталей утворює посадку з зазором, натягом або перехідну, коли можливі і зазор, і натяг. Для дотримання вимог посадок передбачені допуски та основні відхилення відносно нульової лінії кожного номінального розміру. Допуск, який залежить від номінального розміру, позначають числами (квалітет): 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, а поле допуску – латинськими прописними літерами для отвору *A, B, C, CD, D, E, EF, F, FG, G, H, J, JS, K, M, N, P, R, S, T, U, V, X, Y, Z, ZA, ZB, ZC*, для вала: *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*.

Під час виготовлення деталі можливе відхилення від геометричної форми та взаємного розміщення. Так, замість кола у поперечному перерізі може бути отриманий овал (рис. 1.3. *а*) або огранювання (рис. 1.3. *б*); у

поздовжньому перерізі хвилястість, бочкуватість (рис. 1.3 *в*), сідлуватість (рис. 1.3 *г*), криволінійність (рис. 1.3 *д*), конусність (рис. 1.3. *е*) можливе відхилення від співвісності (рис. 1.4. *а*), радіальне биття (рис. 1.4. *б*), торцеве биття (рис. 1.4. *в*); від паралельності відносно осі базової поверхні (рис. 1.4. *г*); від розміщення осей, що перетинаються (рис. 1.4. *д*).

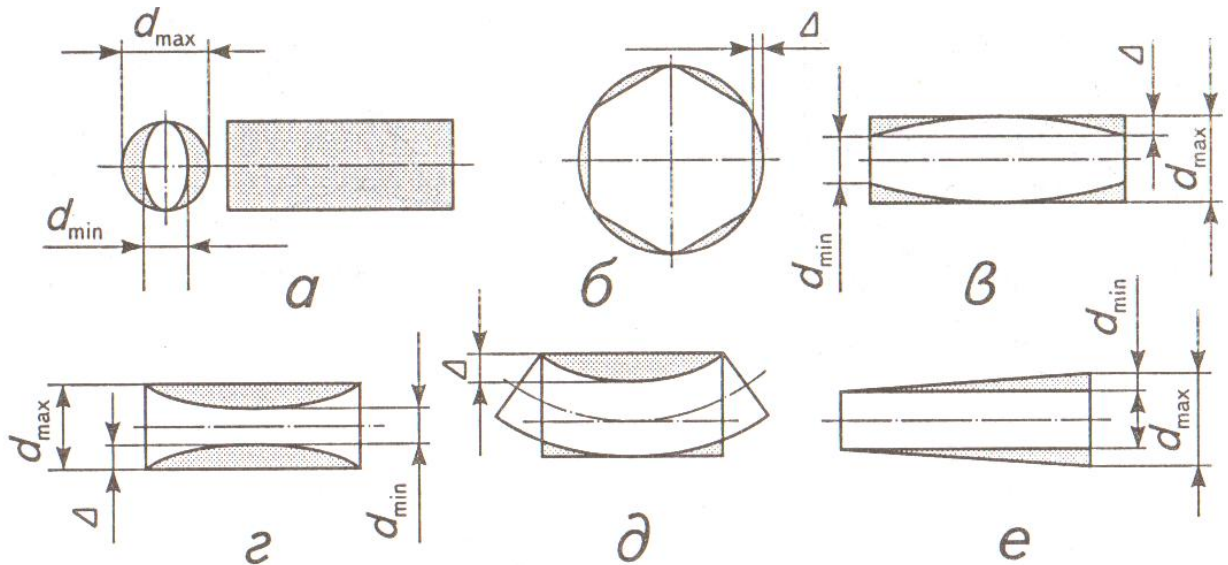


Рис. 1.3. Відхилення деталі та профілю поздовжнього перетину

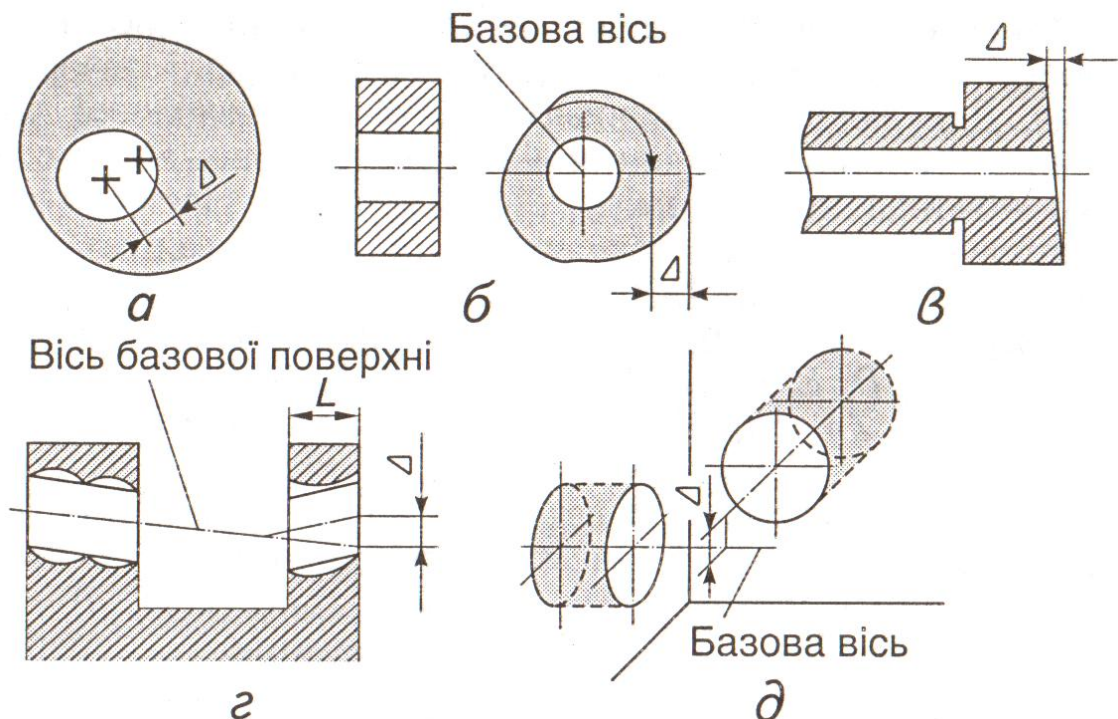


Рис 1.4. Відхилення форми та розміщення поверхонь

Відхилення геометричної точності плоских поверхонь можуть визначатися паралельністю площин (рис. 1.5. *а*), площинністю (рис. 1.5 *б*), перпендикулярністю площин (рис. 1.5. *в*), прямолінійністю осі у просторі

(рис. 1.5. з), повним радіальним биттям (рис. 1.5. д). На рис. 1.3....1.5 введено такі позначення: Δ – довжина нормальної ділянки (задана довжина).

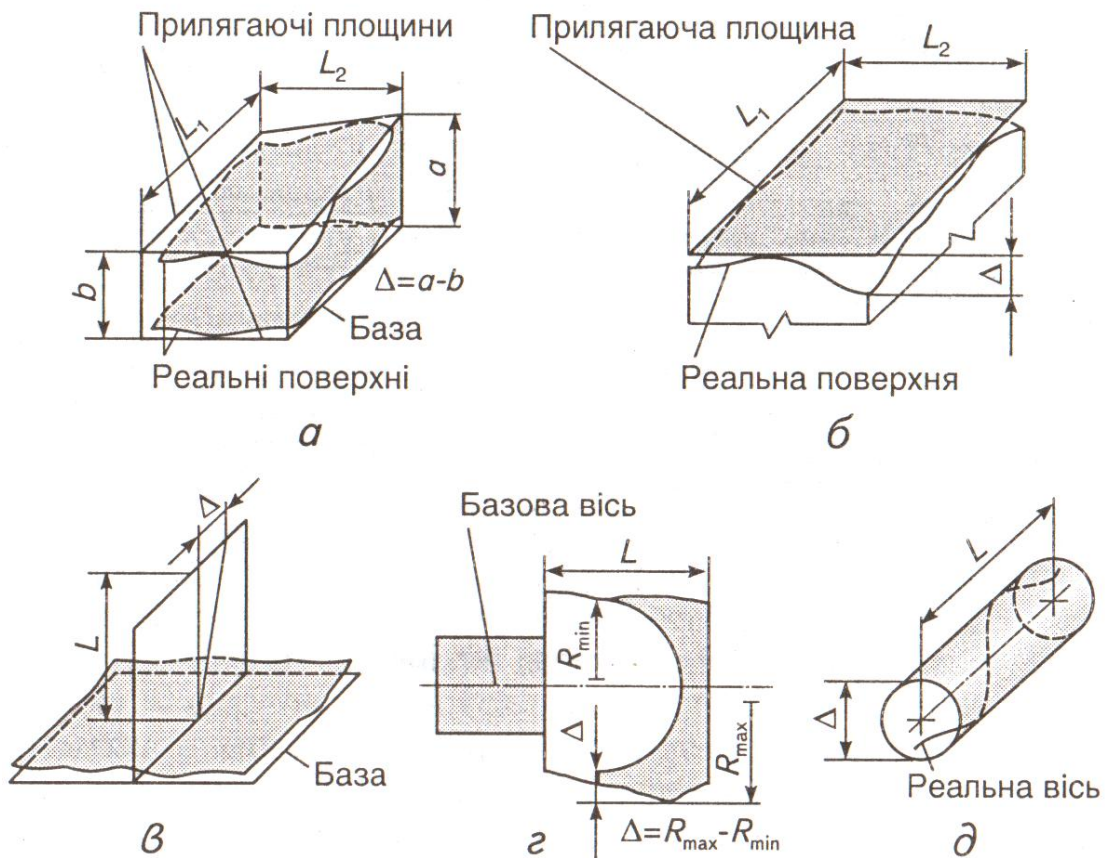


Рис. 1.5. Відхилення геометричного положення поверхонь

Точність обробки деталі характеризується похибкою окремих її ділянок відносно розмірів, форм і розміщення. Деталь вважається точною, якщо похибка не перебільшує заданого допуску δ ($\Delta \leq \delta$). Причини виникнення похибки – похибка виготовлення верстата, пристроїв і інструментів, жорсткість системи верстат – пристосування – інструмент – деталь (ВПД), неоднорідність матеріалу заготовки, деформація верстата під дією сил різання та нагрівання частин його частин тощо.

Під впливом сили різання відбувається деформація пружної системи ВПД. Здатність системи протистояти деформації визначає її жорсткість. Жорсткістю технологічної системи є відношення радіальної складової сили різання P_y до зміщення різальної кромки різця y :

$$J = P_y / y$$

Похибки можуть бути випадковими або систематичними. *Випадковими* називають похибки, які не підпорядковуються певним закономірностям, *систематичними* – похибки, що мають постійний характер. Наприклад, якщо неправильно встановлено різець, то виникає певна систематична похибка. Проте деталі можуть бути неоднакових розмірів внаслідок впливу випадкових похибок, що залежать від матеріалу, нерівномірності подачі тощо.

В окремих випадках точність виготовлення та вимірювання повинна досягати тисячних часток міліметра. Через це в сучасному приладобудівному виробництві застосовується велика кількість різних видів і типів вимірювальних інструментів та приладів, які дають змогу виготовити деталі та виміряти їх з необхідною, в обумовлених межах, точністю.

Експериментально встановлено, що під час виготовлення приладів і при складанні неминучі похибки, тому одержання абсолютної точності практично неможливо. Необхідну точність визначає конструктор, виходячи з призначення приладу та умов його експлуатації, з урахуванням усіх діючих на нього факторів і технологічних можливостей виробництва. На точність роботи механізмів приладів впливають:

- 1) відхилення від заданого руху;
- 2) технологічна неминучість відхилення розмірів форми деталей (регламентуються системою допусків);
- 3) пружні деформації ланок під впливом діючих сил (жорсткість ланок має суттєве значення для більшості механізмів приладів);
- 4) температурні деформації;
- 5) відносне зміщення деталей під дією різних сил за рахунок зазорів і деформацій;
- 6) зміщення ланок за рахунок зазорів і товщини шарів мастила в кінематичних парах. Для приладів важлива не лише початкова точність їх роботи, а й здатність зберігати цю точність за тривалої експлуатації

та тривалого зберігання.

Існують такі способи одержання заданої точності: пробні робочі проходи і автоматичний вихід на розмір. Перший спосіб застосовують у одиничному виробництві. Він полягає в тому, що з поверхні заготовки знімається стружка з одночасним вимірюванням і коректуванням після кожного пробного робочого ходу до одержання потрібного результату. Потім заготовка обробляється. Спосіб трудомісткий, із значною втратою часу на операції, які необхідно виконати для одержання заданого розміру.

Другий спосіб більш продуктивний, бо дає змогу одержати потрібну точність за один робочий хід, але заготовки повинні мати стабільні вихідні розміри. Спосіб застосовують у серійному виробництві, коли для обробки партії заготовок налагоджують верстат з спеціальним пристосуванням, що визначає положення заготовки та установку різального інструмента на заданий розмір.

Суб'єктивний фактор – кваліфікація робітника теж має вплив на точність. Необхідно відзначити, що точність і собівартість обробки взаємозв'язані: чим вища точність, тим дорожча обробка деталі.

В умовах автоматизації технологічних процесів особливу увагу звертають на механізовані і автоматизовані засоби контролю. Контроль дає можливість безперервно наглядати за процесом обробки, керувати процесом, впливати на механізми головного приводу і приводів подачі верстату. Для контролю використовують автоматичні системи керування за результатами вимірювання заготовок у процесі роботи, регулювання за результатами вимірювання після роботи, регулювання за результатами вимірювання заготовок, комбіновані системи.

До складу комбінованих систем контролю входять пристрої, один з яких контролює заготовку до обробки, інший – в процесі обробки. За результатами вимірювання назначаються режими різання.

1.7. Якість поверхонь деталей приладів

Якісні показники деталей приладів (міцність, надійність, довговічність) визначаються механічними властивостями, що залежать від структури та властивості матеріалу, термічної та хіміко-термічної обробки. Надійність, довговічність і працездатність приладів суттєво залежать від якості поверхні деталі.

Якість обробленої поверхні визначається за такими ознаками:

- а) фізико-механічними властивостями поверхневого шару матеріалу;
- б) шорсткістю поверхні.

Під час обробки деталей на поверхні залишаються виступи та западини, відбувається зміщення шарів поверхні та виникають внутрішні напруження, відхилення від правильної геометричної форми. Величина відхилень впливає на якість одержаної поверхні. Показник якості поверхні залежить від типу та властивості матеріалу, способу обробки (точіння, стругання, шліфування тощо), режиму різання (швидкість і глибина різання, подача), жорсткості системи: верстат – пристосування – інструмент – деталь, геометричних параметрів інструменту, матеріалу інструменту, охолодження в процесі різання.

Поверхня після проведення чистової та остаточної обробки підвищується за якістю та вартістю. Також підвищується корозійну стійкість поверхні, стійкість до спрацювання і витривалісну міцність металу, що сприяє підвищенню надійності та довговічності приладів.

Навіть після обточування заготовки чистовим різцем на її поверхні залишаються мікрометричні виступи та западини – шорсткість. *Шорсткість поверхні* – це сукупність нерівностей, що утворюють рельєф поверхні з відносно малим кроком на базовій довжині. На рис. 1.6. введено такі позначення: R_a — середнє арифметичне відхилення профілю; R_z — висота нерівностей профілю за десятьма точками; R_{max} – найбільша висота нерівностей профілю; S_m – середній крок нерівностей профілю; S –

середній крок нерівностей профілю за вершинами; t_p — відносна опорна довжина профілю, де p — число значення рівня перетину профілю.

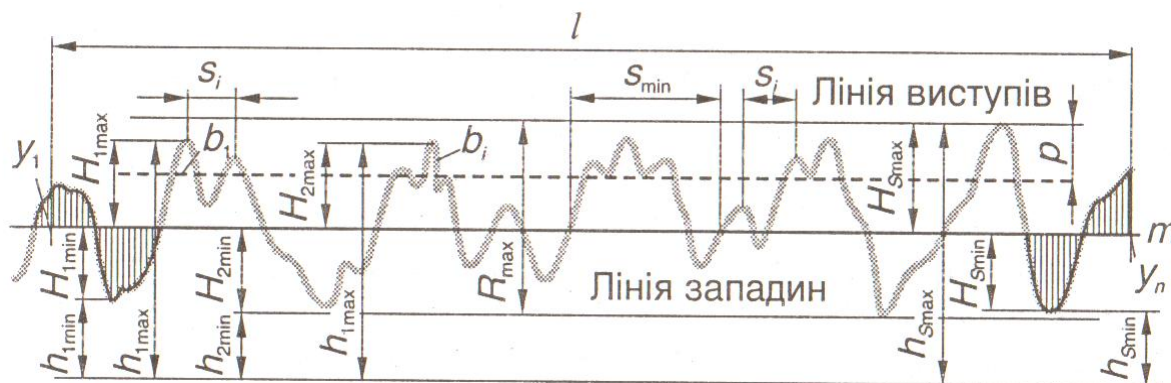


Рис. 1.6. Параметри та структура позначення шорсткості поверхні (схема оцінювання шорсткості поверхні)

Базова довжина L – довжина базової лінії, що використовується для виділення нерівностей, які характеризують шорсткість поверхні. Базову довжину вибирають 8; 2,5; 0,8; 0,25; 0,08 мм.

Середнє арифметичне відхилення профілю в межах базової довжини

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

Висота нерівностей профілю

$$R_z = \frac{1}{5} \left(\sum_{i=1}^5 |H_{i\max}| + \sum_{i=1}^5 |H_{i\min}| \right)$$

де R_z — сума середніх арифметичних абсолютних відхилень точок п'яти найбільших мінімумів і п'яти найбільших максимумів профілю в межах базової довжини.

Стандартом встановлено знак і структуру позначення параметрів шорсткості. Параметр R_a записують на кресленні без символу, наприклад 0,5; а решту параметрів – з показанням символу: $Rz\ 32$; $R_{max}\ 6,3$; $S_m\ 0,63$; $t_p\ 70$.

Базову довжину в позначеннях R_a і Rz можна не вказувати, якщо вона відповідає стандарту, для решти параметрів (R_{max} , S_m , S , t_p) базову довжину вказують обов'язково.

У позначеннях пишуть вид обробки, яка гарантує необхідну її якість.

При потребі вказують напрям нерівностей поверхні. Прийняті такі типи нерівностей і їх позначення: паралельна «=», перпендикулярна «⊥», перехрещувана «х», довільна «М», колоподібна «С», радіальна «R». Щоб одержати мінімальну шорсткість, потрібні додаткові затрати праці та коштів. Тому, вивчивши умови та характер роботи деталі, треба встановити, які квалітет і клас шорсткості для неї необхідні та доцільні.

1.8. Типи виробництв в приладобудуванні

Залежно від обсягу і характеру продукції, що випускається, розрізняють одиничне, серійне та масове виробництво. Особливістю *одиничного виробництва* є нестійка номенклатура деталей, що впливає на організаційні форми виробництва. Одиничне виробництво характеризується відсутністю стійкого технологічного процесу, отже тут не можна спеціалізувати робочі місця; використанням універсального обладнання, пристроїв та інструментів з великим набором оснащення; тривалим виробничим циклом; високим відсотком ручних робіт. Така організація призводить до високої собівартості продукції.

При *серійному виробництві* підприємство випускає продукцію партіями або серіями, які періодично повторюються. Це сприяє організації стійкішого процесу, і тому є можливість на кожному робочому місці виконувати кілька операцій, що постійно повторюються. Цьому виду виробництва властиво переналагодження верстатів на розмір серії деталей, що виготовляються; середньою кваліфікацією робітників; застосування нарівні з універсальними спеціальних інструментів; впровадження механізації та автоматизації виробничого процесу; необхідність міжопераційних складів.

Серійне виробництво характеризують, як виробництво з вищою продуктивністю праці, нижчою собівартістю продукції та коротшим виробничим циклом, ніж одиничне виробництво.

Серійне виробництво поділяють на *мало-, середньо- і багатосерійне*. За технологічними ознаками одиничне і малосерійне виробництво майже не відрізняються одне від одного; що ж до багатосерійного, то воно наближається до масового виробництва.

При *масовому виробництві* підприємство випускає однакові деталі у великих обсягах протягом тривалого часу, що дає можливість закріплювати верстати на виконання певних операцій. Цьому виду виробництва властиві: значна виробнича програма, що веде до глибокої спеціалізації робочих місць і потокового розміщення обладнання; закріплення за робітником однієї чи кількох операцій; використання високопродуктивного обладнання, інструментів і пристроїв; впровадження високоомеханізованого та автоматизованого обладнання з потоковим методом виробництва тощо. Масове виробництво в приладобудуванні не використовується.

Масове виробництво характеризується високою продуктивністю праці. Багатосерійне і масове виробництво дає можливість організувати роботу безперервно, потоковим методом. Тип виробництва характеризується коефіцієнтом закріплення операцій: $K_{з.о} = 1$ – масове; $1 < K_{з.о} < 10$ – багатосерійне; $10 < K_{з.о} < 20$ – середньосерійне; $20 < K_{з.о} < 40$ – малосерійне. Якщо $K_{з.о}$ не регламентується, то це одиничне виробництво:

$$K_{з.о} = O/P,$$

де O – число операцій; P – число робочих місць.

Таке значення $K_{з.о}$ застосовують для планового періоду, що дорівнює одному місяцю.

Розвиток і створення приладів потребують засвоєння нових одиничних екземплярів і малих серій, тому одиничний тип виробництва буде існувати, хоча питома вага серійного виробництва будуть зростати.

1.9. Технологічність деталей приладів

Відпрацьовування деталі на технологічність спрямовано на підвищення продуктивності праці, зниження витрат і скорочення часу на проектування, технологічну підготовку виробництва, виготовлення.

Оцінка технологічності виробу може бути двох видів: якісна і кількісна.

Якісна оцінка характеризує технологічність узагальнено і припустима на всіх стадіях проектування. Вона передує кількісній оцінці і визначає доцільність розрахунку числових значень показників технологічності порівнювальних варіантів.

Аналіз технологічності рекомендується робити в такій послідовності:

- 1) на підставі вивчення робочого креслення деталі, умов її роботи і заданого масштабу виробництва визначити тип заготівки, та спосіб її отримання;
- 2) визначити поверхні, що можуть бути використані при базуванні деталі;
- 3) установити можливість застосування високопродуктивних методів обробки;
- 4) з метою одержання високого ступеню точності і необхідної шорсткості поверхонь визначити необхідність додаткових операцій;
- 5) зробити прив'язку розмірів, які обумовлюються допусками, жорсткістю обробки, відхиленнями за формою і взаємним розташуванням поверхонь;
- 6) визначити можливість безпосереднього контролю розмірів, заданих у кресленні.

Для корпусних деталей визначають наступне:

- чи допускає дана конструкція деталі обробку площин на прохід і що заважає такому виду обробки;
- чи дозволяє форма отворів вести обробку на прохід;
- чи мається вільний доступ інструмента до оброблюваних поверхонь;

- чи є глухі отвори і чи можна їх замінити наскрізними.

Числові значення відносних показників технологічності приймають у межах $0 < K_i < 1$. Коефіцієнт технологічності повинен наближатися до одиниці.

Розробка технологічного процесу виконується тільки для тих деталей, конструкція яких відпрацьована на технологічність.

Технологічною вважають таку деталь, яка повністю відповідає вимогам, що пред'явлені до неї, а також може бути вона виготовлена з використанням найбільш економічних технологічних процесів.

Розглянемо деякі з коефіцієнтів технологічності:

1. Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{BM} = \frac{m_D}{m_3},$$

де m_D – маса деталі; m_3 – маса заготовки.

2. Коефіцієнт необробленої поверхні:

$$K_{HP} = \frac{P_{HP}}{P_\Sigma},$$

де P_{HP} – величина площі поверхні, яка не оброблюється; P_Σ – сумарна площа поверхні.

3. Коефіцієнт складності конструкції:

$$\mu = \frac{2 \cdot m_3 \cdot (R + L)}{\rho \cdot S \cdot L \cdot R},$$

де ρ – густина матеріалу; R – радіус заготовки, L – довжина заготовки, S – площа заготовки.

4. Коефіцієнт габаритності заготовки:

$$K_v = 1 - \frac{V_3}{m_3},$$

де V_3 – об'єм заготовки.

5. Коефіцієнт шорсткості поверхонь, які оброблюються:

$$K_{ш} = 1 - \frac{1}{B_{cp}}$$

B_{CP} – середній параметр шорсткості по всій поверхні.

6. Розрахунок коефіцієнту точності:

$$K_m = 1 - \frac{1}{A_{cp}},$$

де A_{CP} – середній клас шорсткості.

7. Комплексний коефіцієнт:

$$K_K = \frac{\sum K_i \cdot K_{ie}}{\sum K_{ie}},$$

де K_i – поточні показники технологічності; K_{ie} – вага кожного показника технологічності в загальному значенні технологічності.

При розрахунку комплексного коефіцієнта враховуються тільки ті коефіцієнти, які не дорівнюють нулю. На кожний з них розподіляються рівний відсоток впливу.

Контрольні питання до розділу:

1. Що таке виробничий та технологічний процес?
2. З чого складається технологічний процес?
3. Які техніко-економічні та технологічні особливості приладобудування?
4. Що являє собою структура технологічного процесу?
5. Охарактеризуйте основні задачі технологічної підготовки виробництва приладів.
6. В чому сутність методів розробки технологічних процесів?
7. Що таке точність обробки деталей приладів?
8. Що таке випадкові та систематичні похибки?
9. Які основні ознаки якості обробленої поверхні?
10. Особливості серійного типу виробництва.
11. Як розраховується коефіцієнт закріплення операцій?
12. Яка послідовність аналізу технологічності деталей приладів?

2. МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ПРИЛАДІВ

2.1. Потрібність та якість приладів

Якість приладів, яка є одночасно технічною та економічною категорією, відображає властивості речей та міру задоволення потреб суспільства, тобто міру суспільної споживчої вартості. Будучи економічною категорією, якість приладів пов'язано з відносинами людей у процесі виробництва та споживання.

Кількісна та якісна сторони приладу складають одне ціле. Менша кількість приладів вищої якості може у більшій мірі задовольнити потреби, ніж та ж або більша кількість приладів гіршої якості. Ефективність праці вища, якщо вище якість приладів при однаковій кількості вироблених приладів у проміжок одного і того ж часу. Тому продуктивність праці оцінюється не тільки кількістю але й якістю виготовлених приладів за одиницю часу. Підвищення якості приладів вимагає додаткових затрат при виготовленні, але ці затрати окупаються економією, пов'язаною з експлуатацією приладу.

З поліпшенням якості приладу збільшуються запити. При оптимальному сполученні якості та запитів, а також випереджаючому рості якісних показників приладів при збільшенні продуктивності праці, фондівіддачі, зниження затрат на матеріально-технічні ресурси досягається підвищенням ефективності суспільного виробництва.

Якість – це суспільно необхідна категорія продукту, тобто повинна задовольняти суспільні споживання при раціональному використанні матеріалів та трудових ресурсів.

Якість приладів є основним показником, який характеризує економічний розвиток суспільства. З поліпшенням якості підвищується споживча вартість, у зв'язку з чим потреба в даному виді приладів

задовольняється меншим об'ємом. Підвищення якості приладів дозволяє знизити економічні втрати, які викликані недоброякісністю приладів. Зниження якісних показників приладів викликає втрати, пов'язані з простим виробничим обладнанням. В зв'язку з цим збільшується затрати на ремонт і технічне обслуговування виробів, нерациональне використання сировини та матеріалів.

Потреба ринку і можливість виробників є передумовою створення нових приладів. Успіх нових приладів на 70-90% залежить від точності його відповідності вимогам споживачів. За думкою англійських дослідників ринкові фактори за своєю значимістю у 4 рази перевищують науково-технічні.

2.2. Вартість та якість приладів

Якість – сукупність властивостей продукції, які обумовлюють його придатність, задовольняють потреби у відповідності з його призначенням, враховують властивість продукції володіти споживчою вартістю.

Європейська організація по якості визначає якість як сукупність властивостей і характеристик продукції, які обумовлюють її здатність задовольнити встановлені або прогнозовані потреби.

На думку деяких авторів поняття споживча вартість та якість мають різний зміст. Споживча вартість включає у себе усі властивості продукції, які можуть задовольнити вимоги, а якість характеризує лише частину її властивостей.

Підвищення якості приладів означає, що продукт здобуває більш високу споживчу вартість.

Підвищення якості приладів пов'язано з потребою, споживанням та розвитком виробництва. Основним показником, що відображає споживчі властивості приладів, є його техніко-економічна характеристика, яка відображає його технічну необхідність і економічну доцільність.

Споживча вартість приладу відображає корисність приладу в цілому, без урахування міри корисності. Чим вища корисність приладу, тим вища його якість. В процесі розробки і виробництва прилади здобувають певні властивості, які виявляються у споживанні, характеризують якість приладу.

Якість приладів за своїм змістом об'ємне і різнопланове поняття. Воно об'єднує економічну, філософську, соціальну, технічну і правову складову. Економічні риси «якості приладу» розкриваються у взаємозв'язку з поняттями вартість, прибуток, ефективність. Усі прилади, які задовольняють одну й ту саму потребу, являють собою сукупну споживчу вартість, яка розглядається як економічна оцінка якості продукту.

Якість як соціальна категорія визначається відносинами усіх членів суспільства до результатів своєї праці та мірою задоволення потреб.

Основним показником виробу на зовнішньому ринку, визначаючим його конкурентоспроможність є якість, потім ціна та зв'язок з експортером.

Підвищення конкурентоспроможності досягається зниженням ціни, або підвищенням якості. Найбільш прийнятним для виробника є підвищення якості. В цьому випадку конкурентоспроможність підвищується на більш тривалий термін, тому що для досягнення аналогічної якості конкуруючим виробникам потрібен час. Крім того, підвищення якості більш за все прибутковіше, споживач надає перевагу виробам з більш високими якісними показниками, ніж більш дешевим.

Підвищення якості приладів пов'язано з досягненнями у системі управління якістю. Встановлено, що фірми, які витрачають 10-15% вартості виробу на заходи, пов'язані з якістю, удосконаленням системи якості – йдуть найбільш надійним шляхом перетворення цих витрат у прибуток.

Існуюча система оцінки якості приладів передбачає оцінку за технічним рівнем, який формується на етапі розробки, якості

виготовлення, яке забезпечується виробництвом, та якості експлуатації яка визначається витратами на ремонт та обслуговування.

При оцінюванні якості приладів частіше ніж поняття вартості та споживчої вартості, які характеризують витрати та результат, застосовується поняття «рівень якості» як відносини споживчих вартостей одиниці нового та базового приладів.

З поліпшенням якості приладів підвищується собівартість приладу. Цю залежність можна проілюструвати на рис.2.1.

Частина площі, яка утворена кривими собівартості та ціни приладу та обмежена точками перетину P_{min} та P_{max} , характеризує рентабельність. Найбільше віддалення кривих (P_0) відображає якість приладу, яке забезпечує найбільший прибуток. Враховуючи конкуруючу здатність приладів на ринку, рішення проблеми – виготовляти прилади з найбільшою якістю P_2 , уступивши частину прибутку, або зупинитися на якості P_1 з більш низькою собівартістю – залежить від тактики та стратегії підприємства.

2.3. Аналіз факторів, які впливають на якість приладів

Під факторами підвищення якості приладів розуміють *знаряддя та предмети праці*, а також фізичні та розумові можливості людини, які змінюють стан сировини, матеріалів та виробів.

Під умовами поліпшення якості приладів треба розуміти середовище та обставини, у яких діє фактор підвищення якості приладів. Це форми оплати праці та стимулювання, організація виробництва праці. Умови праці часто грають вирішальну роль при формуванні якості приладів. Система управління якістю повинна передбачати гармонійне сполучення факторів та умов.

На якість приладів впливають науково-технічні, технологічні, виробничі, організаційні фактори, а також умови праці та побуту.

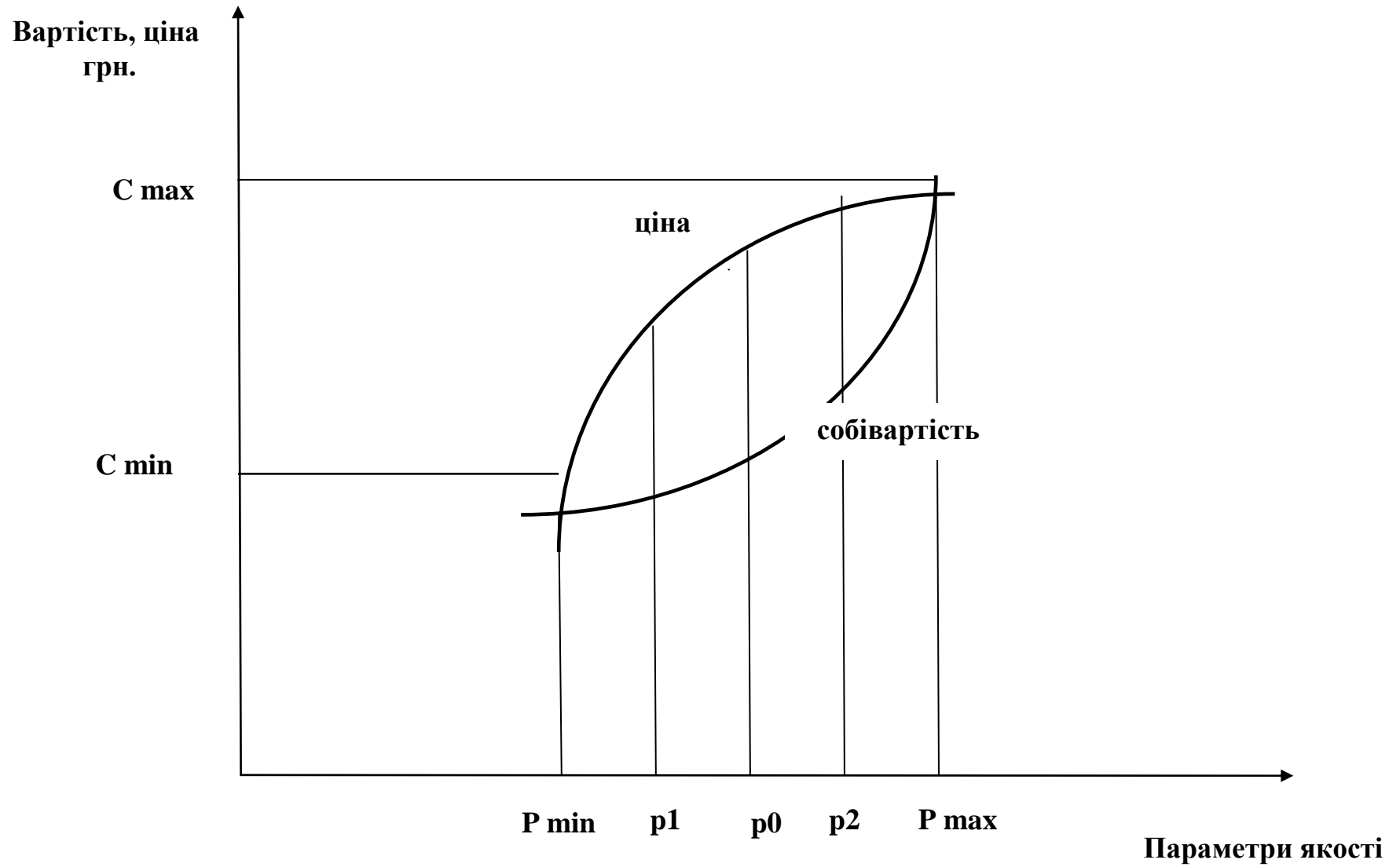


Рис. 2.1. Залежність вартості (C) та ціни (Ц) приладу від параметрів якості

Визначаюче значення в цьому процесі має рівень планування наукових досліджень, проектування та підготовка виробництва.

На якість приладів впливають наступні фактори (табл. 2.1):

1) науково-технічні:

- рівень та стан технічної документації, до яких відносяться досконалість технічних рішень, простота конструкції, матеріалоємність, енергоємність конструкції, економічна ефективність приладу;
- рівень та стан технологій, до яких відноситься рівень технологічного процесу, по якому працює машина, технологічність конструкції;

2) виробничі:

- засоби праці, до яких відносяться величина та структура виробничих фондів, їх якісна характеристика, фондоємність та фондівіддача;
- предмети праці (якість матеріалу, комплектуючих виробів, коефіцієнт використання матеріалів);
- технічний рівень виробництва (рівень розвитку техніки та технології, ступінь механізації та автоматизації, рівень спеціалізації виробництва);

3) організаційні:

- організація виробництва (організаційна система матеріально-технічного оснащення, ритмічність виробництва, завантаження обладнання, організація контролю та системи якості приладів, культура та дисципліна праці);
- взаємовідносини розробника, виробника, постачальника матеріалів та споживача (дотримання правових норм, дотримання принципу економічної зацікавленості, інформаційне забезпечення, сервісне обслуговування приладів);
- робота з кадрами (підготовка кадрів, чисельність та кваліфікація працюючих, робота груп якості);

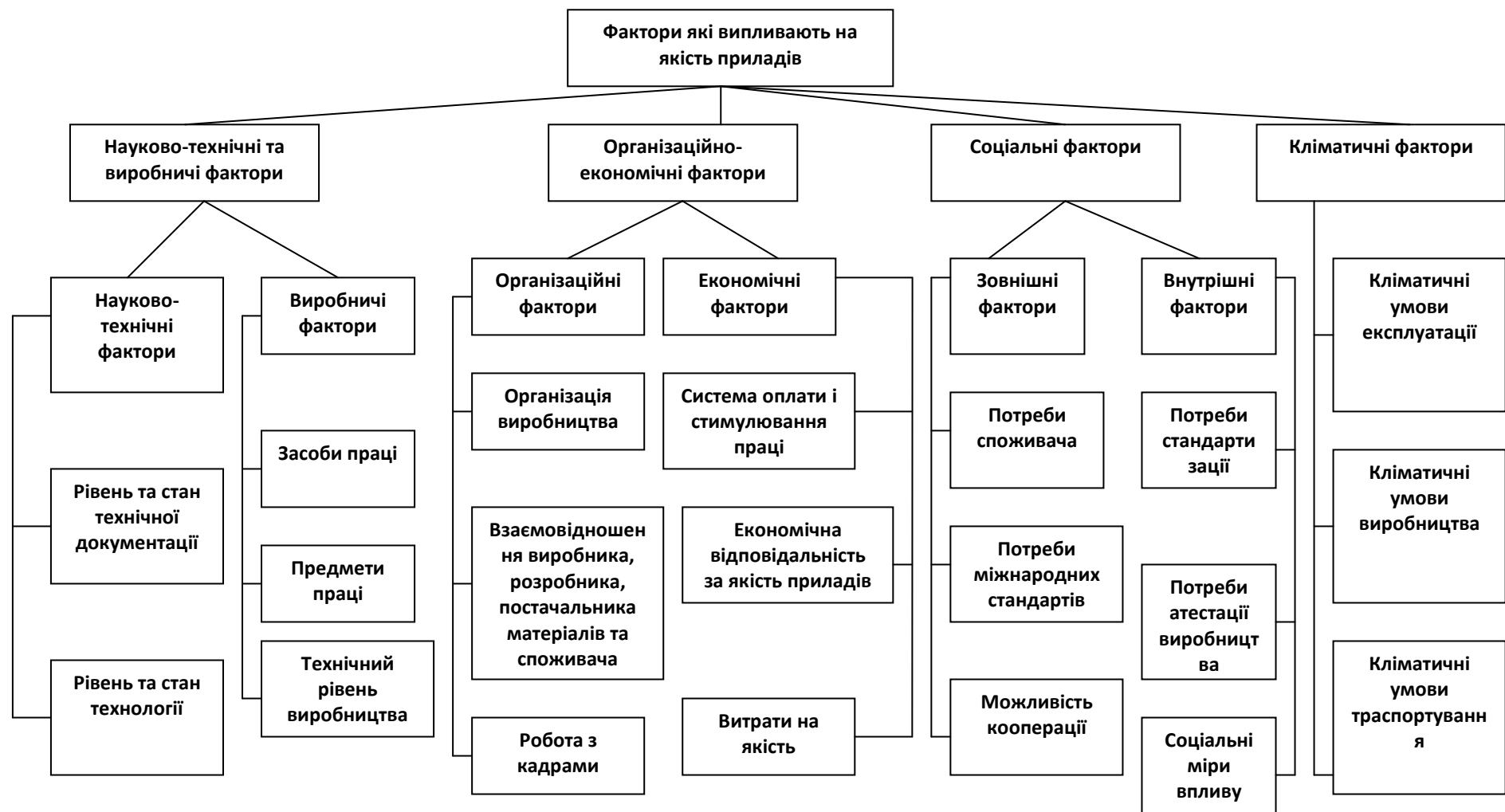


Табл. 2.1. Структурна схема факторів які впливають на якість приладів

4) економічні:

- система оплати та стимулювання праці, яка підвищує якісні параметри приладу, стимулювання винахідницької та раціоналізаторської діяльності, стимулювання підвищення кваліфікації);
- економічна відповідальність за якість виробів (система економічних санкцій за зниження якісних параметрів виробу у процесі розробки та виготовлення);
- витрати на якість, до яких відносяться витрати на контроль якості приладів, підвищення кваліфікації працівників, забезпечення управління якістю);

5) соціальні:

- вимоги споживача та міжнародних стандартів, можливості кооперації;
- вимоги стандартизації, атестації виробництва та соціальні засоби впливу;

б) кліматичні:

- кліматичні умови експлуатації, виробництва та транспортування приладів;

Вплив різноманітних факторів на якість продукції позначається на всіх стадіях життєвого циклу приладу та повинно враховуватися плануванням якості. Планування якості приладів має велике значення на стадії проектування та розробки приладу, оскільки на цій стадії якість приладу закладається на 70-80%.

Так за даними Європейської організації по якості, 70% відмов техніки відбувається через недоліки проектування. В цей період розробляється технічне завдання, які передбачають: рівень якості, витрати, строки розробки, вимоги ринку, діючих стандартів, навколишнього середовища та правові норми та умови експлуатації приладу тощо.

Особливу увагу при проектуванні приділяється контролю та випробуванням деталям що розробляються, вузлам та приладу в цілому. Конструкція приладу оцінюється проектантами з точки зору можливих

відмов в роботі, у зв'язку з чим передбачаються заходи по їх ліквідації, вирішуються питання комплектування запчастинами. При розробці нової техніки необхідно орієнтуватися не на найкращі вітчизняні або зарубіжні аналоги, тому що це вже веде до відставання, а на наукові прогнози розвитку техніки та технології які дозволяють скоротити термін виготовлення та підвищити якість проектування.

У процесі конструювання приладу основним фактором який характеризує якість є новизна виробу, яка визначається строком зміни виробу. На поновленні та якості приладу позначається прогресивність технологічних процесів які використовуються та засобів виробництва.

Науково-технічний прогрес підвищує вартість розробок нових приладів та прискорює моральне старіння обладнання. У зв'язку з цим виникає проблема прискорення темпів нових розробок та освоєння виробництва нової продукції. Враховуючи важливість проведення наукових досліджень та випробувально-конструкторських розробок, концентрують матеріальні та трудові ресурси на найбільш важливих напрямках, скорочуючи час їх проведення з метою випередження конкурентів.

Постійне дослідження та облік змін вимог ринку дозволяє у процесі розробки приладу вносити у технічну документацію необхідні зміни. Подібна адаптація системи управління якістю приладу забезпечує заданий технічний рівень та якість приладу, підтримуючи його постійну конкурентоздатність.

В деяких організаціях не передбачають засоби на коректування технічної документації, у зв'язку з чим конструктори не зацікавлені в проведенні доробок проекту на стадії виробництва випробувального примірника. Значні строки проектування та відсутність засобів на коригування технічної документації знижують конкурентоздатність приладу. Це призводить до відсутності збуту та попиту.

Проведення наукових досліджень стримується відсутністю в

конструкторських організаціях експериментальної бази. Результати наукових досліджень, які проводяться ними на заводських експериментальних ділянках, дуже часто не впроваджуються тому, що мають виробничо-технічну базу низького рівня.

Рівень якості проектів різко знижують комплектуючі вироби, а також їх відсутність. За низької якості комплектуючих їх доводиться доробляти. Закупка комплектуючих по договірним цінам веде до різкого збільшення собівартості приладу.

Причинами не технологічного характеру, які призводять до ускладнень при розробці нових приладів на 37%, є поганий взаємозв'язок між конструкторами та відділом збуту. Помилки які допущені на стадії розробки технічної документації, потребують великих затрат на виправлення. Рівень затрат у період експлуатації приладу більш чим на 80% залежить від характеристик, які закладаються у період його створення. На 15% ці витрати можливо знизити на стадії робочого проекту та відпрацювання випробувального зразка, та на 5% у період виробництва приладу.

Враховуючи це, значні затрати на освоєння нової продукції слід віднести на недоліки проектів. У зв'язку з цим розробка конкурентоздатної продукції повинна будуватися на основі удосконалення матеріального стимулювання, розширення внутрішнього господарчого розрахунку. Економічна доцільність розробки нової техніки повинна стати основою технічного прогресу. При проектуванні нового приладу слід широко використовувати функціонально-вартостний аналіз.

Підвищення якості приладів пов'язано з удосконаленням організації виробництва, поліпшенням її технологічних показників та визначається екстенсивними та інтенсивними факторами. З розвитком науково-технічного прогресу інтенсивні фактори превалюють над екстенсивним, якість приладу в основному визначається ефективністю виробництва: впровадження нової техніки, механізація та автоматизація виробничий

процесів. Підвищення якості засобів виробництва дозволяє збільшити продуктивність праці та підвищити ефективність праці.

Дотримання якості у виробництві у значній мірі залежить від рівня технологічного забезпечення. Обмежені можливості технологічної бази є причинами зниження проектних якісних показників приладу. На деяких виробництвах технологічні служби не встигають у задані строки забезпечити технологічну підготовку виробництва.

Особливий відбиток на якість приладів накладає застаріла матеріально-технічна база, що призводить до підвищення матеріальних та енергетичних витрат, а також збільшення затрат на ремонт.

Серйозною перепоною у випуску якісної продукції для більшості виробництв є неритмічність виробництва. Основними причинами неритмічної роботи виробництв є недоліки в плануванні виробництва, погане матеріально-технічне забезпечення, низька якість комплектуючих, дефіцит робочих кадрів, недоліки в механізації та автоматизації виробничих процесів, недостатня конструкторсько-технологічна підготовка виробництва.

Зниження якості основних фондів призведе до додаткового відволікання робочих на ремонтні роботи, збільшенню часу ремонту обладнання. Досліди показують, що на багатьох підприємствах від 15% до 25% обладнання, яке потребує капітального ремонту, не працює. А вартість кожного капремонту обладнання складає від 30 до 70% вартості нового обладнання. Тому, зниження витрат на капремонт обладнання за рахунок підвищення якості обладнання є дуже важливим засобом підвищення ефективності капітальних вкладень.

На стадії виробництва дуже велике значення має матеріально-технічне забезпечення. При цьому вимоги до сировини, матеріалу та комплектуючим виробам повинна представлятися з урахуванням якості кінцевого продукту. Для підвищення якості вихідних матеріалів поставники та споживачі будують свої взаємозв'язки на договірній

співпраці.

Взаємовідношення між підприємствами, пов'язаними між собою єдиним технологічним ланцюгом, або виробниками приладів та поставниками сировини, матеріалів та комплектуючих виробів будуються на основі разом розроблених стандартів підприємств.

В становленні якості поступаючих матеріалів та комплектуючих виробів має вхідний контроль, якість проведення якого не завжди відповідає пред'явленим вимогам.

Стандартизація та сертифікація – є одним із шляхів забезпечення високої якості приладів, яка представляє собою перевірку приладів на відповідність певним стандартам або іншому нормативно-технічному документу с подальшою видачою відповідного документа – сертифікату. Сертифікація як оцінка відповідності продукції певним стандартам використовується для завойовування ринку.

Робота по сертифікації приладів нерозривно пов'язана з впровадженням міжнародних стандартів ISO серії 9000 та повинна починатися з оцінки відповідності технічної документації, контрольної-вимірювальної техніки та виробництва стандартам ISO.

У відповідності з зарубіжною практикою замовник перед укладанням контракту на поставку продукції для того, щоб впевнитися у якості приладу який купує, ознайомлюється з системою забезпечення якості у виробника.

Без освоєння нашими підприємствами стандартів ISO-9000, неможливо проводити сертифікацію продукції, яка передбачає оцінку якості продукції на відповідність вимогам цих стандартів. А без проведення сертифікації неможливо буде реалізувати продукцію на міжнародному ринку. Таким чином, розширення експорту вимагає подальшого вдосконалення системи управління якістю.

Система управління якістю продукції на базі міжнародних стандартів ISO--9000 повинна забезпечувати отримання приладу, який відповідає

вимогам споживача. Це означає, що проектна документація, технологічний процес, матеріальне забезпечення, обладнання, контрольно-вимірювальна техніка, організація виробництва та кваліфікація кадрів, відповідає вимогам забезпечення якості продукції яка виробляється.

Невід'ємною частиною процесу управління якістю є контроль якості.

На етапі прийому технічної документації заводом-виробником система повинна встановити рівень розробки та якість документації. Технічна документація є основою для оцінки якості приладу, тому усі наступні зміни, пов'язані з виробом що випускається, вносяться в вихідні документи.

На етапі виготовлення експериментальної партії для випуску якісного приладу здійснюється технологічна підготовка виробничого процесу з розробкою технологічної документації, вибір обладнання та засобів контролю, розробка та виготовлення технологічної оснастки.

Найбільш важливим є контроль методом персональної перевірки, тобто самоконтроль, який використовується при проведенні нескладних замірів. Цей вид контролю підвищує відповідальність робочого за якість продукції. Проводячи самоконтроль з використанням вимірювальних приладів та дотриманням заданої періодичності, оператор вносить необхідні зміни у технологічний процес, стабілізуючи якість приладу.

Особлива увага приділяється впровадженню автоматизованих засобів вимірювання та контролю, сучасним вимірювальним приладам, введенню вхідного контролю та атестації засобів вимірювання.

Високий рівень контрольно-вимірювальної техніки сприяє механізації та автоматизації виробництва, зниженню втрат праці, підвищенню метрологічної дисципліни та вилученню з використання непридатних засобів вимірювання та перевірки. Це дозволяє значно скоротити надходження в експлуатацію неякісної продукції та витрати на усунення недоліків. Ліквідація несвоєчасно знайдених у процесі контролю відхилень параметрів приладів пов'язана зі значними додатковими

витратами. Проведенні на підприємствах Великобританії дослідження показали, що витрати на виправлення помилок, доробку бракованої продукції, задоволення вимог споживачів по рекламаціям та витрати на невикористаний брак складає 87% витрат на контроль якості продукції.

Для поліпшення технічного рівня виробництва необхідно подальше вдосконалення метрологічного забезпечення.

Вимоги до якості приладів викликає необхідність поступового підвищення кваліфікації робітників. Підготовка та перепідготовка кадрів є важливою задачею системи управління якістю.

Встановлено що 30-35% приросту національного доходу досягається за рахунок підвищення кваліфікації робітників. В той же час у приладобудуванні та машинобудуванні 75% браку продукції є наслідком невідповідності розряду робочих розряду роботи що ними виконується.

2.4. Методи та принципи управління якістю

Управління якістю приладів є важливим елементом управління виробничим процесом. Складність сучасної техніки і масштаби виробництва потребують значних витрат матеріальних та трудових ресурсів. При використанні та експлуатації прилади з часом втрачають свої початкові властивості, фізично зношуються, погіршується їх якість. Поряд з фізичним зношуванням відбувається моральне старіння приладу, тобто поступова втрата приладом своєї якості. Моральне старіння знаходиться у прямій залежності від темпів розвитку науково-технічного прогресу. Якість приладів є нестійким параметром, і тому спонукає знаходити шляхи вдосконалення управління якістю від створення до списання приладу через моральне або фізичне зношення.

Системи управління якістю приладів підприємства формується як сукупність окремих підсистем, що функціонують у колективах бригад, ділянок, цехів, відділів і служб, на етапах розробки, виробництва та

експлуатації приладу. Враховуючи це, під управління якістю будемо розуміти сукупність заходів та дій, що здійснюються на відповідному етапі або при взаємодії етапів управління і направлених на забезпечення якості виготовлених приладів.

Управління якістю передбачає: оцінку рівня якості, отримання та аналіз інформації про якість, прийняття та видача рішень органам управління, отримання та аналіз інформації про вплив управляючої дії на якість приладів.

На основі класифікації, основні функції управління якістю можна представити наступним чином:

- прогнозування потреб, технічного рівня та якості приладів;
- планування підвищення якості приладів;
- організація розробки та постановки нового приладу на виробництво;
- вимірювання якості, побудова шкали вимірів, кваліметрія;
- контроль якості та випробування приладу;
- прийомка приладу;
- атестація та сертифікація приладу за категоріями якості;
- ціноутворення;
- економічне стимулювання підвищення якості приладів;
- правове забезпечення якості приладів;
- інформаційне забезпечення якості приладів;
- розробка правил застосування, експлуатації, використання;
- гарантійне обслуговування та ремонт;

Механізм управління якістю приладів включає: об'єкт управління (виробничо-технічні процеси формування та підтримки якості приладів), систему управління (трудоий колектив підприємства), метод управління (економічний, організаційний та ін.). Управління якістю приладів забезпечує підтримку на запланованому рівні якості, передбаченого технічною документацією, та відповідних показників виробничо-господарської діяльності підприємства. Можливе регулювання якості і

виробничих показників створює умови забезпечення їх оптимального відношення у будь-який період часу. Низька результативність діючої у країні системи управління якістю являється наслідком існуючих недоліків і неефективного використання методів та принципів управління.

Економічні, організаційні, науково-технічні і соціальні методи управління виробничо-господарською діяльністю представляють собою організаційно-економічний механізм управління якістю приладів.

До економічних методів відносять економічний аналіз досягнутого рівня якості, виявлення найбільш ефективних методів оцінки якості приладів та праці та їх матеріальне стимулювання у вигляді доплати та премій з урахуванням якості (новизни, економічності, надійності), встановлення ціни та надбавки, госпрозрахункові відносини всередині виробництва, оцінка економічної ефективності від впровадження заходів для підвищення якості приладів.

До організаційних методів відносять узгоджені дії між суміжними підприємствами та всередині підприємства на основі ГОСТів, ОСТів та ДСТУ, що направлені на підвищення якості приладів; підвищення рівня організації виробництва, праці та контролю якості приладу на всіх стадіях життєвого циклу приладу; покращення інформаційного забезпечення якості виробничих приладів.

Під науково-технічними методами управління розуміють наукову основу плануючого рівня якості досліджень та розробку технічної документації на новий прилад, технічне та метрологічне забезпечення виробництва, розробку та вдосконалення системи показників, що стимулюють підвищення якості приладів.

До соціальних методів управління якістю відносять підбір, розстановку та підвищення кваліфікації кадрів, формування свідомого та творчого відношення до праці, розробку форм морального стимулювання підвищення якості приладів.

Принципи управління якістю приладів характеризують умови, що

пред'явлені до допустимих меж придатності приладу.

З найбільш поширених з початку ХХ ст. є принцип Ф.У. Тейлора, на якому оснований діючий у нас в країні механізм управління якістю. В основі принципу Тейлора полягає встановлення вимог до якості приладу та контроль їх виконання. Для контролю геометричних параметрів у відповідності з цим принципом застосовуються калібри прохідні та непрохідні, що дозволяють швидко встановлювати кордонні допустимих меж придатності приладу. Таким чином було встановлене поняття «бракованого приладу». Застосування штрафних санкцій за невиконання якісних показників приладів поклато початок економічним методам управління. Використання цього методу при низькій кваліфікації працівників і малій кількості інженерних кадрів було ефективним.

З'явившись в останні десятиліття метод Тагуті дозволив удосконалити принцип Тейлора. В основі цього методу закладений принцип управління по відхиленню від допускового номіналу. Визначення внутрішньодопускових розмірів деталей стало можливим у зв'язку з появою координатно-вимірювальних машин (КВМ) та інформаційно-вимірюваних комплексів, що включають ЕОМ. Принцип Тагуті дозволив відхиленню від номіналу представити у грошовому вигляді.

Гнучкий метод статистичного контролю якості (ГМСКЯ) оснований на принципі диференціювання якості приладу в залежності від близькості до номіналу, але управління, на відміну від метода Тагуті, здійснюється за допомогою не економічних категорій, а інформаційних. При цьому чим далі знаходиться фактична якість продукції від номіналу, тим більші об'єми вибірок які контролюються. Звичайно цей метод потрібно застосовувати на початкових стадіях виробництва.

Модернізацією принципу Тейлора став метод активного нормування та оцінки якості (МАНОЯ) запропонований вченими А.Б. Максимовим та В.А. Лапідусом, що враховує та стимулює ініціативу «знизу». Принцип МАНОЯ полягає в тому, що робітники об'єднуючись в гуртки якості на

основі реальних можливостей виробництва, встановлюють межі допусків на геометричні розміри приладу, визначаючи цим самим найбільший заробіток бригаді. Цей метод дозволяє з'єднати воедино якість та кількість приладів з оплатою праці та демократизацією управління виробництвом.

2.5. Показники якості приладів

Показники якості приладів – це ознаки, які характеризують параметри якості приладу та відображають ступінь придатності приладу задовольняти потреби суспільства. У відповідності до приведеної систематизації (табл. 2.2) показники якості приладів діляться на технічні, економічні, гармонічні, безпеки та транспортабельності, патентно-правові.

До технічних показників приладу відносяться:

- показники призначення, які характеризують основні його властивості та область призначення (потужність, габарити, ККД тощо);
- показники надійності, які характеризують довговічність, безвідмовність, ремонтпридатність та зберігаємість приладу, які дозволяють скоротити об'єми виробництва та якнайкраще задовольнити потреби споживача;
- показники технологічності, які характеризують властивості приладу, обумовлені при виготовленні та експлуатації приладу;
- показники стандартизації та уніфікації, які характеризують рівень уніфікації з іншими приладами;

Під економічними показниками розуміють:

- економічну ефективність від виробництва приладу. В якості економічних показників при вивченні залежностей показників якості від затрат та оцінки ефективності підвищення якості приладу використовують його вартість, собівартість, рентабельність та ін.;

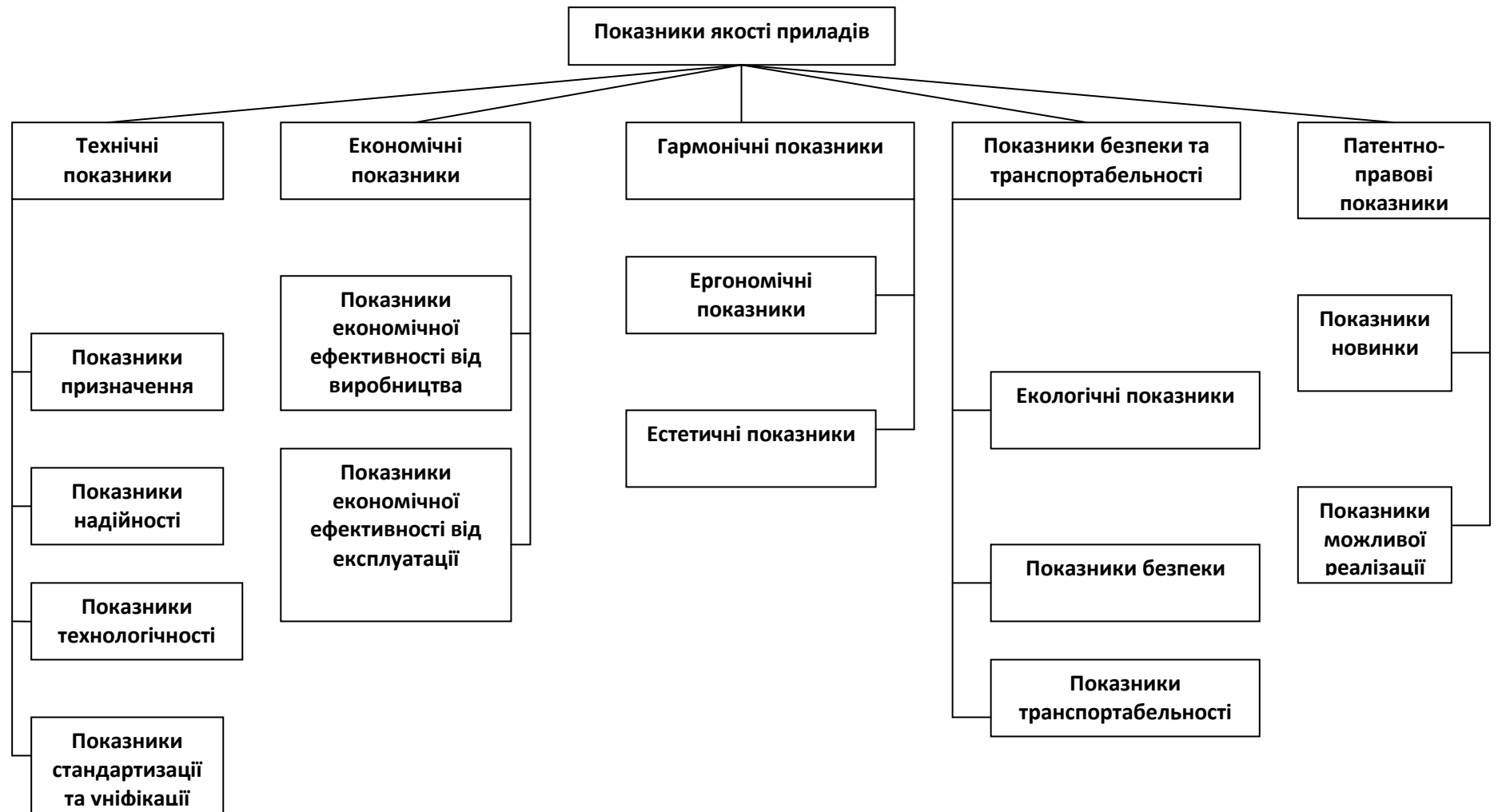


Табл. 2.2. Структурна схема показників якості приладів

- економічну ефективність від експлуатації, оцінка якої проводиться зрівнянням прибутку від експлуатації і сумарними затратами на придбання та експлуатацію. Економічна ефективність характеризується показниками використання резервів, таких як питомі витрати матеріалів, пального, енергії на одиницю основного показника якості;

До гармонічних показників відносяться:

- ергономічні показники, які характеризують зручність налаштування приладу до фізичних властивостей людини в експлуатаційних умовах;
- естетичні показники, які характеризують рівень сприйняття людиною раціональності форм та досконалості виконання приладу;

До показників безпеки та транспортабельності відносяться:

- екологічні показники, які характеризують рівень шкідливого впливу на оточуюче середовище при експлуатації приладу;
- показники безпеки, які характеризують безпечність обслуговуючого персоналу при експлуатації приладу;
- показники транспортабельності, які характеризують можливість переміщення приладу;

До патентно-правових показників відносяться:

- показники новизни приладу, які характеризують ступінь новизни технічних рішень які використовуються;
- показники можливої реалізації приладу на внутрішньому ринку та за кордоном;

Оцінка якості приладу по показникам якості здійснюється на всіх стадіях життєвого циклу приладу.

Кількість та номенклатура показників залежать від виду приладу, конструкції та призначення, а також запитів споживачів. Однак головною вимогою є відповідність параметрів приладу відповідності нормативно-технічній документації, які вдосконалюються з науково-технічним прогресом суспільства.

Основою планування, обліку, аналізу та багатьох інших заходів, які є

складовою частиною управління якістю приладів, є оцінка рівня якості приладу, тобто вираження досягнутої якості у кількісній формі. Під рівнем якості розуміють співвідношення одиниці даної споживчої вартості, яка виражена у кількісній формі (або еквівалентного сумарного корисного ефекту), до витрат споживання (або до сумарних витрат на створення та експлуатацію приладу).

Кількісна оцінка рівня якості здійснюється у такій послідовності:

- встановлення цілі оцінки;
- вибір номенклатури та методів розрахунку показників якості;
- визначення значень показників якості;
- зіставлення результатів оцінки в управлінні якістю приладів.

Вимоги до рівня якості і показникам якості приладу який виробляється встановлюються в технічних умовах та державних стандартах;

Рівень якості приладу може бути нормативним, абсолютним та відносним.

Рівень якості експлуатаційних показників приладу визначається шляхом порівняння показників даного виду приладу з базовим. При існуючій в державі системі оцінки якості та технічного рівня приладів у ролі аналога використовуються прилади, які не завжди є досконалими, а вибір їх диктується можливостями виробника досягнути показників аналога. Результат оцінки повинен відображати його кількісну та якісну сторону в абсолютних одиницях. Порівняння цих показників з показниками аналогічних приладів дозволяє встановити їх конкурентоспроможність.

Для здійснення цієї мети необхідно відпрацювати достовірні показники оцінки технічного рівня приладів та здійснити облік затрат на досягнення цих показників.

Для оцінки якості приладу на всіх стадіях його життєвого циклу використовується системи показників, які дозволяють характеризувати

якість в кількісній формі. Так, при розробці приладу складається карта технічного рівня та якості приладу.

Показники якості приладу діляться на наступні групи:

- по кількості властивостей які враховуються;
- за способом вимірювання – натуральні, розрахункові, бальні;
- в залежності від стадії життєвого циклу приладу – прогнозовані, проектні, виробничі та експлуатаційні;
- за рівнем управління – галузеві, показники виробництва (об'єднань);
- по області використання – які встановлюються на одиницю приладу та на сукупність одиниць однорідного або різнорідного приладу;

Одиничні показники визначаються як співвідношення затрат по кожному фактору до загальних затрат і характеризують одну з важливих властивостей приладу – потужність, швидкість, масу тощо.

Комплексні показники за напрямом підвищення якості (технічним, організаційним тощо) визначаються як сума усіх добутоків одиничних показників на їх вагомість в даному напрямку. Комплексні економічні показники визначають сукупність споживчих властивостей приладу (рівень стандартизації та уніфікації, строк служби, коефіцієнт корисної дії тощо) в кількісній формі та характеризують корисний ефект від використання приладу.

Визначаючий показник якості приладу характеризує основну властивість приладу, по якому оцінюють його якість.

Найбільш вірно рівень якості визначає інтегральний показник. Інтегральний показник відноситься до загальних показників якості та характеризує техніко-експлуатаційний рівень якості приладу, економічний ефект та витрати на виробництво. Характеризуючи споживчі властивості приладу (потужність, КПД, матеріалоемність тощо), інтегральний показник дає уявлення про області використання приладу. Інтегральний показник якості визначається відношенням сумарного корисного ефекту від експлуатації або споживання приладу до сумарних затрат на його

виробництво та використання:

$$I = \frac{\mathcal{E}}{3c + 3i},$$

де \mathcal{E} – сумарний корисний ефект від використання приладу;

$3c$ – затрати на створення приладу;

$3i$ – затрати на використання приладу;

Під корисним ефектом розуміють продуктивність, точність та чистоту обробки. З інтегральним показником може використовуватись зворотна йому величина – питомі затрати на одиницю ефекту.

Порівняльна оцінка інтегральних показників якості даного та іншого аналогічного приладу дозволяє судити про високу якість даного приладу. В даному випадку використовується формула:

$$y = \frac{Ia}{Ib},$$

Де Ia та Ib – інтегральні показники якості приладу який аналізується та базового приладу.

Інтегральний показник дає можливість планувати заданий рівень якості при мінімальних затратах на його створення та експлуатацію. Однак складність оцінки ефективності поліпшення якості приладів та складність розрахунку стримують практичне використання цього методу.

Показник якості приладу відображає рівень організації виробництва, технологій що використовуються, механізації та автоматизації виробничих процесів, підготовки кадрів та ін. Підвищувати рівень якості потрібно до економічно обґрунтованого доцільного, щоб забезпечити споживчу вартість приладу. Для цього в період розробки приладу передбачають такі параметри, які забезпечать його прогресивний рівень у період експлуатації з урахуванням термінів оновлення.

Кількісна оцінка якості приладу може бути диференційована, комплексна, змішана та статистичними методами.

При диференційованому методі зіставляються окремі одиничні показники порівнюваних виробів або встановлюється відповідність

одиничних показників якості з показниками директивних документів (ДСТУ, ГОСТ, ТУ тощо), в яких вказується інтервал змін показників, задовольняючий споживача.

При оцінюванні комплексним методом використовують показник, який представляє собою функціональну залежність від одиничних показників, і зіставляють з ідентичним показником аналога. Комплексна оцінка показників якості приладів ускладнена із-за складності об'єктивного визначення коефіцієнтів вагомості показників. Великі складності підрахунку коефіцієнтів виникають при багатомономенклатурному випуску приладів зі змінами умов виробництва та споживання. Прагнення до обліку можливо більших значень комплексного показника може призвести до зайвої трати засобів. Крім того, відсутність тісних зв'язків виробників та споживачів приладів та слабка економічна база для проведення функціонально-вартостного аналізу утрудняють практичне використання комплексного показника якості приладів. Тому при оцінюванні якості приладів слід прагнути до зниження кількості та вибору найбільш значних показників. У зв'язку з цим у виробництві основними показниками діяльності по підвищенню якості є – зниження відсотка браку та рекламацій. Однак при проведенні дослідів пошуку шляхів зниження витрат на якість приладів необхідно розглядати більшу кількість показників якості приладів. Враховуючи різноманітність факторів, які впливають на якість приладів, забезпечити оптимальні показники можливо тільки при комплексному їх розгляді.

Розрізняють наступні способи визначення показників якості приладів:

- вимірювальний, в якому використовується технічні засоби вимірювання;
- реєстраційний, оснований на проведенні спостерегань та підрахунку числа певних подій, предметів чи витрат;
- розрахунковий, в якому показники якості визначаються

обчисленнями, виходячи за параметрів приладу, на основі використання теоретичних та емпіричних залежностей. Цей спосіб може бути здійснений в результаті аналізу окремих показників якості та вибору ототожненого показника, з'єднання оцінок окремих показників та використання найважливішого показника. В першій групі розрахунків використовуються математично-статистичні способи, у другій – середньозважені величини – арифметичні, геометричні, змішані тощо, у третій – експертні оцінки;

- органолептичний, заснований на основі рішень, які приймаються експертами.

Експертні методи використовуються для обґрунтування процесу отримання оцінок.

Встановлення параметрів, які характеризують якість приладів, є важливою техніко-економічною проблемою. Зниження або завищення кількості вибраних параметрів призводить до значних економічних втрат, якщо врахувати, що трудомісткість контрольно-вимірювальних операцій у деяких технологічних процесах досягає 50% загальної трудомісткості виготовлення приладів. При виборі параметрів якості широке розповсюдження отримав спосіб експертних оцінок, у результаті якого експерти з багатьох параметрів обирають найбільш важливі.

Підвищення якості засобів виробництва вимагає підвищення затрат праці, що дозволяє в процесі експлуатації приладу досягнути певного економічного ефекту за рахунок зниження трудових та матеріальних затрат, підвищення продуктивності праці. Для виробника підвищення якості приладів це, не тільки додаткові витрати на якість, а в першу чергу підвищення культури та організації виробництва, трудової та виробничої дисципліни, кваліфікації виконавців тощо. Все це у кінцевому результаті – підвищення продуктивності праці та ефективності виробництва.

Найважливішим якісним показником роботи є виробництво та поставка приладів на експорт. Критеріями якості та конкуренто-

спроможності приладів на світовому ринку є нові функціональні можливості, наявність останніх технічних рішень, ціна, якість виконання, надійність та економічність в роботі, забезпечення сервісу, виконання міжнародних норми та національних правил. Для іноземного споживача основним показником при виборі приладу є «вартість циклу служби», яка складається з ціни виробу для споживача та витрат на експлуатацію.

2.6. Структура управління якістю приладів

В загальному виді структура управління якістю приладів, схема якої представлена на табл. 2.3, представляє собою етапи виробничого процесу, які включають в себе послідовність переходів вихідного матеріалу в заготовку, а далі в деталь, складальні вузли та виріб. Заключний етап – це випробування виробу та доставка споживачу. Споживач у цій схемі є основним елементом, який визначає параметри якості приладів. Успішна економічна діяльність виробника приладів залежить від міри пізнання потреб споживача. Без глибокого вивчення ринку збуту неможливо приступати до створення конкурентоспроможних приладів. Пропонуючи більш якісний прилад, виробник випереджає своїх конкурентів та може очікувати більшого прибутку від реалізації виробів.

На кожному етапі переходу вихідного матеріалу до виробу необхідно передбачити вхідний контроль, діагностику та управління технологічних процесів. Наприклад, створюють системи контролю фізико-механічних властивостей вихідного матеріалу, системи діагностики технологічного обладнання (поломка та критичне зношування ріжучих інструментів, передбачення аварійних ситуацій), систем адаптивного управління процесів обробки та складання деталей приладів, а також вимірювальних комплексів.

Кожна операція технологічного процесу проводиться на відповідному обладнанні з використанням відповідного технологічного

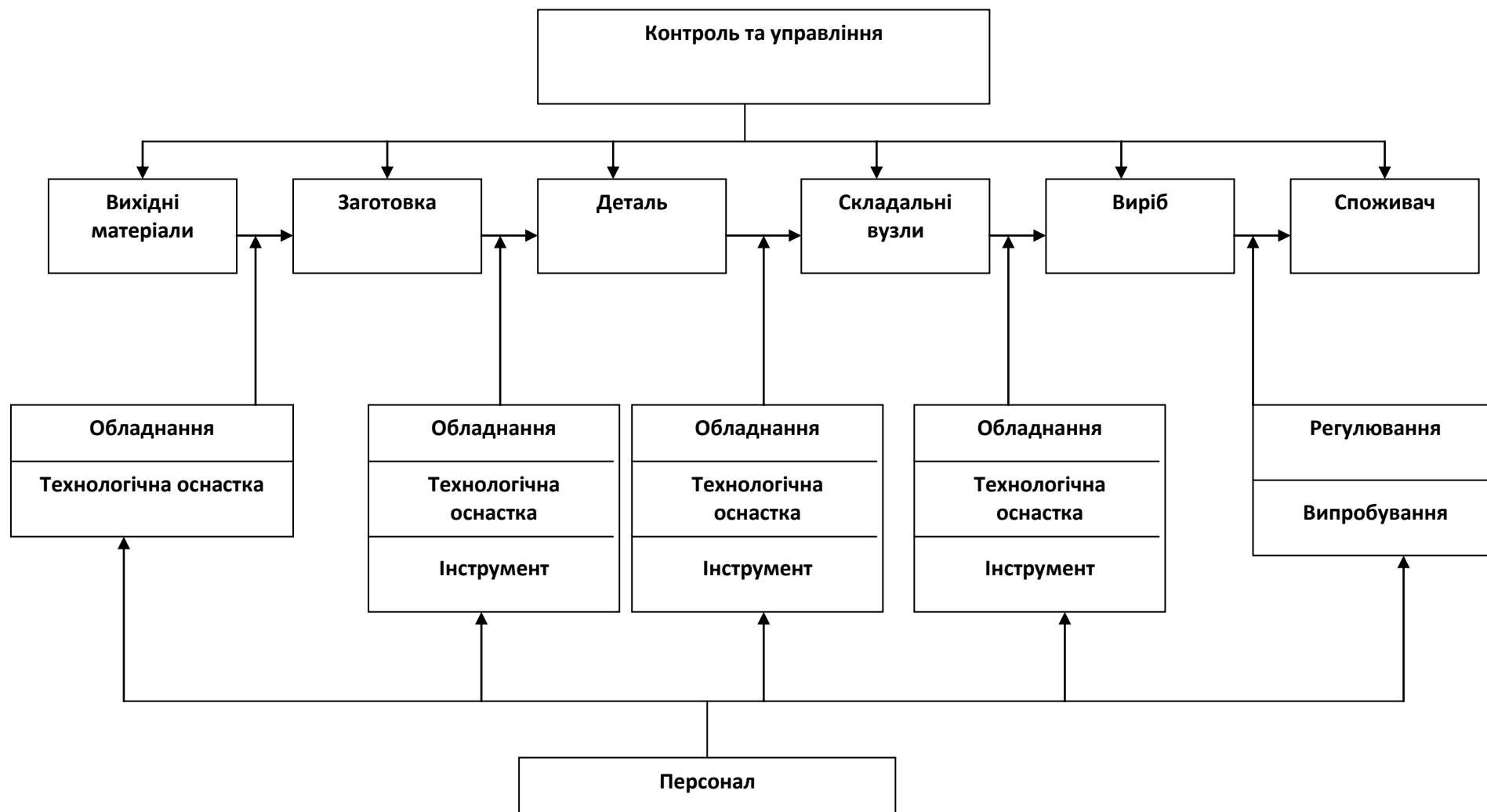


Табл. 2.3. Структурна схема управління якістю приладів

оснащення, різучого та вимірювального інструменту. Для виробництва високоякісних виробів необхідний постійний контроль точності технологічного обладнання, оснащення та інструменту.

Робота системи управління якістю приладів забезпечується персоналом підприємства. Під персоналом розуміють робітників або кадри (робочі, інженери, керівники), які приймають участь у створенні приладу.

Контрольні питання до розділу:

1. Охарактеризуйте якість приладу з точки зору потреб суспільства.
2. Яка залежність вартості та ціни приладу від параметру якості?
3. Охарактеризуйте основні функції управління якістю приладів.
4. Які основні методи управління якістю приладів?
5. Приведіть основні принципи управління якістю приладів.
6. Що розуміють під показниками якості приладів?
7. Яка структурна схема показників якості приладів?
8. На які групи поділяються показники якості приладів?
9. Охарактеризуйте схему управління якістю приладів.

3 ОСНОВНІ ПРОЦЕСИ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ ПРИЛАДІВ

Деталі приладів по розмірах і формі, функціональному призначенню тощо надзвичайно різноманітні. Не дивлячись на це, при виборі методу виготовлення будь-якої заготовки доцільно керуватись наступними принципами:

- форма та розміри заготовки повинні бути максимально наближені до форми і розміру деталі;
- необхідно враховувати технологічні властивості матеріалу виробу;
- брати до уваги серійність виробництва.

Ці принципи прості та очевидні, але всі вони повинні враховуватися одночасно.

У технології приладобудування, найбільшого поширення одержали наступні технології виготовлення заготовок деталей:

- лиття;
- штампування;
- виготовлення заготовок із прокатних серійних профілів;
- порошкова металургія;
- спеціальні технології виготовлення заготовок із пластмас та кераміки.

3.1 Виготовлення деталей приладів литтям

Технологія одержання виливок з використанням піщаних форм складається з окремих процесів: виготовлення модельно-стрижневого оснащення, приготування формувальних і стрижневих сумішей, виготовлення стрижнів і ливарних форм, розплавлення металу, заливання ливарних форм рідким металом, кристалізація та затвердіння розплаву, вибивання затверділих виливків з форм, відрубубування та зачищення виливки з видаленням ливників, термічної обробки сталевих виливок і деталей з ковкого чавуну, контролю якості готової продукції. Із

перерахованих процесів два є основними: виготовлення ливарної форми та приготування розплаву, а інші – допоміжними.

Виготовлення одноразової ливарної форми називають *формуванням*. Ливарну форму виготовляють за допомогою оснащення з формувальних матеріалів – суміші кварцового піску та глини, іноді з домішкою вугільного порошку, тирси тощо. Цю суміш називають *формувальною*. Приблизний її склад: піску 75%, глини 15%, подрібненого вугілля 10%. Для виготовлення форми застосовують формувальні інструменти і модельно-опоковий інвентар: моделі, стержневі ящики, опоки, моделі ливникової системи, шаблони та інші пристосування. Для виготовлення ливарних форм ретельно готують модель та стрижні, необхідні для утворення отворів у виливках. Розрізняють ручне та машинне формування зі стрижнями та без них.

Ручне формування застосовують в одиничному виробництві. Воно може здійснюватись в опоках або безпосередньо в ґрунті за моделлю чи шаблоном, а машинне – в серійному виробництві. В основному застосовують машинне формування з механізованими операціями ущільнення суміші в опоці та вийманням моделі з форми. Машинним способом формування виконують на модельних плитах і в двох опоках, для чого застосовують пресові та струшувальні машини й пісcomedети.

Застосовують матеріал, що швидко сохне (він продувається вуглекислим газом), самотвердіючі суміші (РСС), які не потребують ущільнення; холоднотвердіючі протягом 20...30 хв., а для стрижнів – твердіючі протягом 1...2 хв. з підігріванням до 250...280 °С. Крім того, застосовують нові протипригарні матеріали – цирконієвий і олівенітові піски, магнезит і хромомagneзит.

У приладобудівному виробництві застосовують спеціальні види лиття, які забезпечують високу якість і точність виливків, внаслідок чого значна їх частина – готові деталі. Залежно від матеріалу, способу виготовлення та заливання металу розрізняють лиття в металеві форми,

відцентрове, під тиском, в оболонкові форми, точне за виплавлюваними моделями, тощо.

Широко застосовується *лиття в металеві форми (кокілі)*, бо при цьому досягається висока точність розмірів, знижується шорсткість, поліпшується якість металу, немає потреби готувати формувальну суміш, є можливість багаторазово використовувати форми і виготовляти до кількох тисяч відливок з легкоплавких сплавів; 1500...5000 з чавунів і 400...700 з сталевих виливків. Висока вартість металевих форм і можливе відбілювання виливків є основними недоліками цього способу лиття, тому кокільне лиття економічно вигідне лише за серійного та масового виробництва.

Відцентрове лиття полягає в заливанні металу в форму, що обертається навколо горизонтальної або вертикальної осі. Завдяки відцентровим силам, що розвиваються під час обертання форми, метал відкидається до її периферійної частини, при цьому утворюється внутрішня поверхня пустотілої виливки, яка має дрібнозернисту структуру та високу міцність. Переваги цього способу – висока продуктивність і якість виливки та коефіцієнт використання металу за відсутності ливників і малих припусків на обробку різанням. Недоліки — дороге обладнання для відцентрового лиття та те, що ним можна відливати лише виливки тіл обертання.

Лиття під тиском полягає в заповненні металевих форм рідким металом під тиском поршня або стисненого повітря. Заготовки, відлиті під тиском, майже не потребують подальшої обробки і мають підвищену міцність. Цей спосіб застосовують у масовому та багатосерійному виробництві з алюмінієвих, магнієвих, мідних та інших сплавів для виливків масою від кількох грамів до десятків кілограмів. Товщина стінок виливків не повинна перевищувати 6 мм, щоб вони не були пористими.

Лиття в оболонкові форми полягає в тому, що підігріту до 200...250°C модель або плиту з моделями засипають формувальною

сумішшю, яка складається з 92...95 % дрібного піску та 5...8 % бакелітового порошку. Навколо моделі швидко утворюється оболонка із сплавленої піщано-бакелітової маси завтовшки 6...8 мм. Оболонку разом з моделлю витримують 1 хв у печі за 300...350 °С, внаслідок чого вона набирає потрібної міцності. Утворюється півформа, яку з'єднують струбцинами або скобами з аналогічною напівформою. Для заливання металу форми складають вертикально або горизонтально по кілька десятків штук. Заготовки, відлиті у таких формах, мають високу точність і малу шорсткість поверхні. Одержані виливки – фактично готові деталі. Лиття в оболонкові форми застосовують для одержання плоских, складних за формою та дрібних виливків з будь-яких сплавів. Цей спосіб – високопродуктивний, процес лиття легко автоматизується.

Точне лиття за моделями, що виплавляються, застосовують для виготовлення точних заготовок складної конфігурації: інструментів (свердла, фрези), важливих деталей без наступної механічної обробки. Цей спосіб складний, але при багатосерійному виробництві економічно вигідний. Щоб вилити виріб, виготовляють еталон із сталі або латуні з урахуванням усадки. З легкоплавкого сплаву за моделлю роблять прес-форму, яка складається з двох частин. Технологія лиття – виготовлення за допомогою прес-форм виплавленої моделі та ливникової системи із сплаву парафіну (30 %) і стеарину (70 %); з'єднання моделі та ливникової системи в комплект (блок) у вигляді ялинки (до 100 шт.); занурювання блоку в суспензію (фарбу), що складається з 90 % дрібного піску, 7 % каоліну, 3 % графіту, розчинених у суміші рідкого скла (20 %) та води (80 %); сушіння блоку, покритого три міліметровою оболонкою суспензії, за кімнатної температури приблизно 5...6 год; видалення легкоплавкої маси блоку гарячим повітрям, водою або парою; прожарювання оболонок у печі до температури 800...850 °С; заформування оболонки в опоці; видалення ливників і зачищення.

3.2. Виготовлення деталей приладів штампуванням

Слід розрізняти два основні види штампування: об'ємне та листове. Об'ємне гаряче штампування є основним способом виготовлення деталей. Воно має переваги перед куванням – вищу продуктивність за рахунок одночасного деформування металу в кількох напрямках, що дає змогу виготовляти складні за формою вироби робітнику невисокої кваліфікації. Завдяки підвищеній точності обробки штамповок порівняно з поковками можна в 2...3 рази зменшити припуски, причому остаточна обробка значно зменшується. Штампи – досить дороге оснащення, тому застосовують штампування, коли треба виготовити значну кількість однакових деталей, тобто використовують для середньо серійного та багатосерійного виробництва.

Для виготовлення складних фасонних внутрішніх порожнин штампів застосовують електроіскровий та інші електричні способи обробки. Розрізняють штампи відкриті і закриті. У відкритих штампах метал має вихід в облойний рівчак, а в закритих він деформується в закритому об'ємі, і штампування називається *безоблойним*. При такому штампуванні втрати металу невеликі, тому ці штампи застосовують дедалі ширше. Разом з тим закриті штампи складніші, ніж відкриті, і вироби складної конфігурації в них ще не штампують. Штамповка має облой (задир), який зрізують на спеціальному обрізному штампі.

Холодне об'ємне та листове штампування дає змогу одержати точні за розмірами деталі з чистими ущільненими поверхнями. Ця обробка звичайно буває остаточною, якщо не треба свердлити отвори, нарізати різьбу тощо.

Процеси холодного об'ємного штампування в основному аналогічні відповідним процесам гарячого об'ємного штампування. Проте для холодного об'ємного штампування характерні ще такі операції, як холодна

висадка та холодне видавлювання.

Листовим штампуванням виготовляють величезну кількість різних плоских і об'ємних виробів із сталі, кольорових металів та сплавів, пластмас, тощо.

Листи завтовшки до 5 мм звичайно штампують у холодному стані, а товщі – після нагрівання.

Листове штампування є найраціональнішим процесом для виготовлення переважної більшості тонкостінних виробів простої чи складної конфігурації. При цьому забезпечується висока точність розмірів, економна витрата матеріалів та значна продуктивність процесу, який легко автоматизується.

Операції листового штампування можна виконувати відрізанням, вирубанням, пробиванням тощо, зміною лише форми: гнуття, витягування, формування, відбортоування тощо.

3.3. Виготовлення деталей приладів з пластмас та кераміки

Пластмаси використовують як замітники металевих заготовок. Використання пластмас знижує трудомісткість виготовлення заготовок, підвищує їх якість і надійність експлуатації приладів.

Цінні властивості пластмас роблять їх перспективними для виготовлення заготовок.

Методи виготовлення заготовок з пластмас різноманітні та в конкретних випадках застосовуються залежно від природи матеріалу, фізико-механічних, діелектричних, оптичних та інших властивостей. Виготовляють заготовки з пластмас пресуванням, литтям під тиском, вакуумним формуванням, шприцюванням, штампуванням, механічною обробкою, зварюванням тощо.

Поширеним способом виготовлення деталей з пластмас є пресування

у формах, нагрітих до температури 130...150 °С. Для виготовлення довгих трубок, стержнів деталей однакового поперечного перерізу застосовують шприцювання; для захисту поверхні деталі – набризкування та напилювання пластмаси.

Основними етапами виготовлення деталей з кераміки є:

- хімічний аналіз і підготовка вихідної керамічної сировини;
- тонке мелення та змішування компонентів;
- формування заготовки виробу;
- механічна обробка необпалених заготовок;
- сушіння заготовок;
- випал (попередній і кінцевий);
- глазурування;

Після випалу в ряді випадків доводиться застосовувати механічну обробку. При виготовленні ряду керамічних деталей деякий із цих етапів може бути відсутнім, або може бути змінена послідовність етапів.

3.4. Електрофізичні та електрохімічні методи обробки деталей приладів

Технологія обробки безперервно змінюється внаслідок впровадження прогресивних технологічних процесів. Широкого впровадження набули електрофізичні та електрохімічні методи обробки, які дають змогу покращувати якість поверхні деталей і широко застосовувати тверді сплави і матеріали. Прогресивні технологічні процеси використовують штампи, постійні ливарні форми, прес-форми та інші види оснащення із складними формами, трудомісткими у виготовленні. Особливо це стосується виконання фасонних щілин, похилих отворів у важкодоступних місцях з криволінійними осями та глухих отворів фасонної конфігурації. Для виготовлення деталей з матеріалів, обробка яких звичайними методами ускладнена або взагалі неможлива,

застосовують електрофізичні та електрохімічні методи розмірної обробки.

Порівняно зі звичайною механічною обробкою різанням зі зніманням стружки або тиском електрофізичні та електрохімічні методи розмірної обробки використовують електричні, електромагнітні та електрохімічні процеси взаємодії з поверхнею заготовки. Наведені методи обробки матеріалів мають такі переваги: незалежність параметрів обробки (швидкість, якість, продуктивність) від твердості, в'язкості та інших властивостей матеріалів; легкість копіювання, що не потребує дорогих інструментів для розмірної обробки, які мають високу твердість, міцність і зносостійкість; можливість обробки без силової дії на заготовку; легкість виконання операцій; висока гнучкість і простота обладнання, що застосовується; можливість швидкого переходу на багатостатне обслуговування; створення найсприятливіших умов праці; підвищення коефіцієнту використання матеріалів.

Електрофізичні та електрохімічні методи обробки поділяють на електроерозійні, променеві, ультразвукові та електрохімічні. Деякі параметри цих методів наведено в табл. 3.1. Ці методи можуть використовуватися на всіх стадіях виробництва деталей.

Вид обробки	Швидкість знімання металу, мм ³ /хв.	Квалітет точності	Потужність верстата, кВт
Електроерозійна	10000	5	10
Світлопроменева	5	3...4	5
Електронно-променева	6	3...4	3
Ультразвукова	600	3...4	8
Електрохімічна	40000	9	120

Таблиця 3.1. Параметри електрофізичних, електрохімічних й інших методів обробки матеріалів

3.4.1. Електроерозійна обробка

Під час електроерозійної обробки металів використовується енергія, яка виникає між електродом-інструментом і заготовкою під дією електричного струму. Збуджуваний електричний розряд руйнує метал (ерозія) внаслідок локальної теплової дії імпульсів електричного струму на поверхню деталі, що обробляється. *Електричною ерозією* називають явище руйнування металу в проміжку між електродів під дією іскрового електричного розряду, що веде до пробую діелектричного проміжку між електродами. В основі методів електроерозійної обробки лежать керовані процеси електричної ерозії.

Так, електроерозійні методи обробки металів ґрунтуються на явищі ерозії металів у рідині під дією електричного розряду. Застосовують кілька методів обробки електроерозійними способами, які відрізняються технологічними характеристиками, схемами тощо.

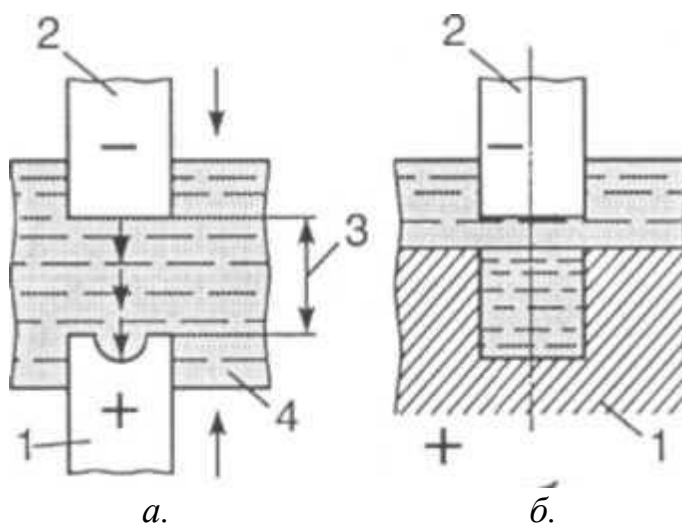


Рис. 3.1. Електроерозійна обробка металів

Розглянемо схему руйнування металу імпульсними розрядами електричного струму. Електроди 1 і 2 (рис. 3.1. а), що знаходяться в діелектричній рідині 4, підключають до джерела струму. У між електродному проміжку 3 виникає електричне поле, внаслідок чого в зоні обробки створюється тепло, яке виплавляє частинки металу.

Електроерозійні руйнування можливі за умови пробою між електродного проміжку. Це відбувається під час зближення електродів до виникнення електричного розряду у вигляді каналу, який необхідно постійно підтримувати короткочасними електричними імпульсами певної частоти. Найбільша напруженість поля виникає між виступами поверхонь, які зближуються. Це призводить до пробою проміжку, плавлення та випаровування матеріалу з утворенням лунки, внаслідок чого форма катода відображується на аноді (рис. 3.1. б).

Як діелектрик застосовують гас та мінеральне масло. Вони підвищують інтенсивність розряду, а ерозія відбувається в місцях виступів мікронерівностей електродів. Частинки металу, які утворилися в зоні розряду, видаляються течією рідини та газовими пухирями, що виникли у ній внаслідок електричного розряду, підготовлюючи нові поверхні для руйнування та видалення частинок металу сферичної форми з між електродного проміжку. В нагрітій діелектричній рідині відбувається хімічна реакція з утворенням газу та асфальтосмоляних речовин, що можуть вкривати частинки металу, перетворюючи їх на спечену міцну масу. Поверхні електродів можуть покриватися тонкою плівкою кристалевого графіту, що утворився з вуглецю, виділеного з газового середовища.

Ерозія залежить від енергії розряду, тривалості одноразового імпульсу та способу видалення металу з лунки, властивостей металів тощо. Формоутворення електроерозійними методами виконують за трьома схемами.

1. Копіювання форми електрода-інструмента, за яким на заготовці утворюється відбиток форми робочої частини копіра. Копіювання використовують для отворів, тому таку операцію називають прошиванням. Розрізняють пряме копіювання (рис. 3.2. а, б, в, г) і зворотне (рис. 3.2. д). Прямим копіюванням називають схему, коли електрод-інструмент 2 знаходиться над заготовкою 1 і подача S_{np} відбувається зверху вниз. При

цьому він врізується в неї, копіюючи робочі форми інструмента. Операції прямого копіювання застосовують для утворення внутрішніх поверхонь для виготовлення штампів, прес-форм тощо. Зворотним копіюванням називають схему, коли інструмент 2 знаходиться під заготовкою 1. За цією схемою виготовляють сполучені деталі (матриця та пуансон штампа).

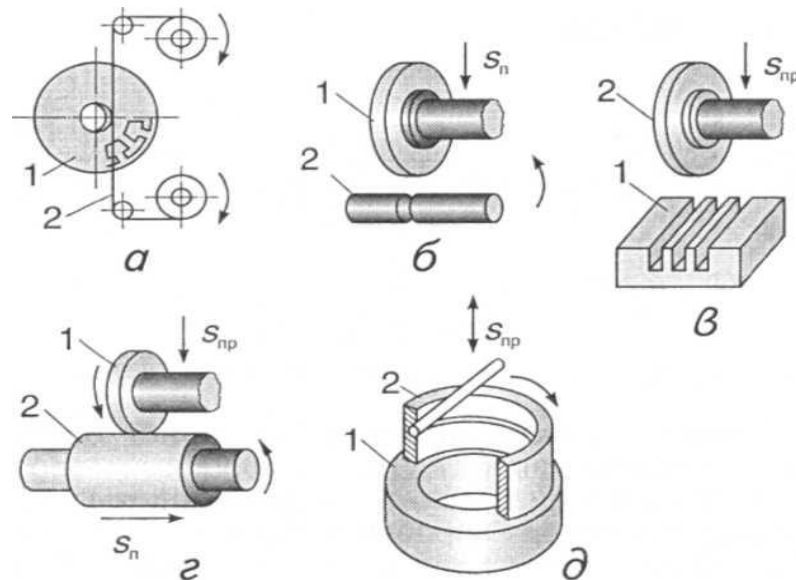


Рис. 3.2. Формоутворення електроерозійними методами обробки

2. Обробка деталей по висоті з виконанням складних профільних вирізів розрізуванням, шліфуванням і розточуванням під час взаємного переміщення заготовки та непрофільованого електрода-інструмента (Рис. 3.3.). За другою схемою виконують операції, внаслідок яких можна одержати деталі із складною формою (Рис. 3.3. а), а також можна різати заготовку 1, надаючи переміщення інструменту-електроду 2, що не має заданої форми. На рис. 3.3. б, в показано процес розрізування та утворення пазів у заготовках непрофільованими електродами-інструментами. Обробка непрофільованими електродами-інструментами широко використовується в процесі шліфування деталей електроерозійними способами (Рис. 3.3. г) і розточування отворів (Рис. 3.3. д).

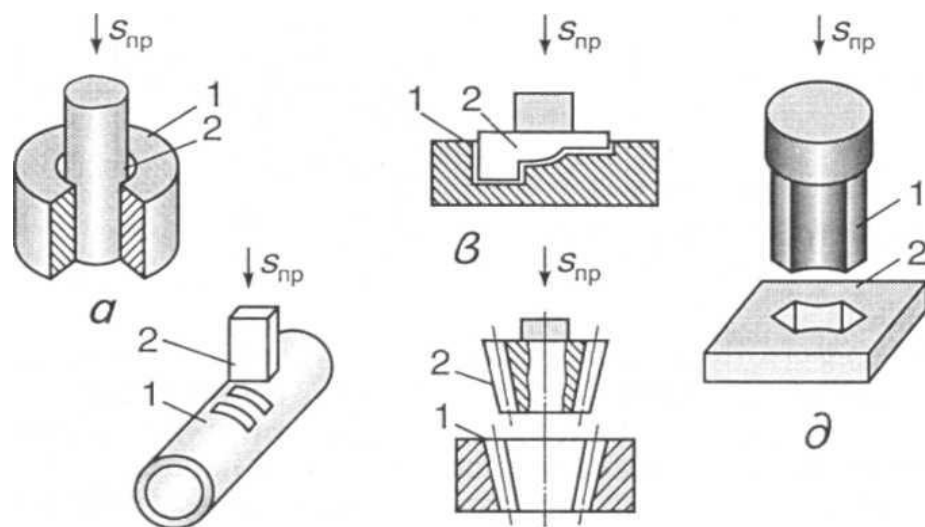


Рис. 3.3. Формоутворення складних поверхонь електроерозійною обробкою непрофільованим електродом-інструментом

Електроерозійним методом обробляють деталі типу сіток і сит з наявністю до кількох десятків тисяч отворів. На верстатах можна одержувати отвори в твердих і тугоплавких матеріалах, латуні товщиною до 2 мм. Одночасно можна одержувати більше 800 отворів діаметром 0,2...2 мм. Верстат має продуктивність до 10 000 отворів за годину, тому використовується для виготовлення сіток електровакуумних приладів.

Різновидами електроерозійної розмірної обробки є нарізування різьби, шліфування та обробка непрофільованим електродом-дротом. Електроерозійне шліфування застосовують під час обробки твердих сплавів і металів, які важко оброблювати звичайними способами. Розрізняють кругле, зовнішнє, торцеве, внутрішнє та плоске електроерозійне шліфування. На рис. 3.4. а показана схема круглого зовнішнього електроерозійного шліфування дисковими електродами-інструментами, коли плоскі поверхні обробляються торцями чашкового електрода-інструмента (Рис. 3.4. б), конусна внутрішня поверхня — конусним електродом-інструментом (Рис. 3.4. в). Обробку виконують постійним струмом напругою 25...30 В, силою струму 5...300 А. Шліфування з швидкістю інструмента 25...30 м/с найефективніше.

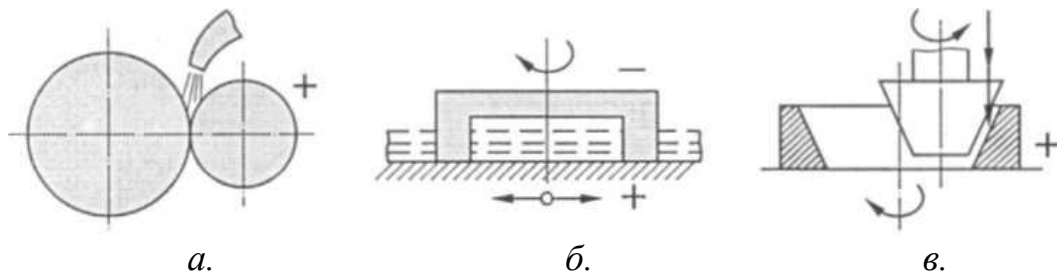


Рис. 3.4. Електроерозійне шліфування поверхонь деталей

Методи копіювання мають ряд недоліків: складність виготовлення електродів-інструментів, швидке їх спрацювання. Цих недоліків позбавлена обробка непрофільованим електродом. Як інструмент використовують латунний, мідний або вольфрамовий дріт діаметром, не меншим 0,5 мм. Схема обробки непрофільованим електродом (дротом) наведена на рис. 3.5. Дріт є катодом і для обробки перемотується з натягом з однієї котушки на іншу. Потрібний напрям у місцях обробки заготовки створюють ролики. Під час обробки відбувається безперервне перемотування дроту, що зменшує його зношування. За цією схемою виконують прецизійне різання, прорізування щілин, різання напівпровідникових матеріалів з утворенням паралельних площин,

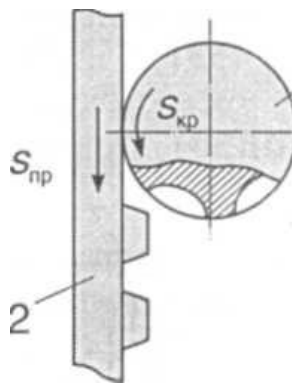


Рис. 3.5. Обробка непрофільованим електродом

криволінійне різання твердих сплавів, магнітних матеріалів, вольфраму, а також виготовлення пуансонів.

Метод обробки непрофільованими електродом непридатний для обробки заготовок, які мають закриті порожнини. Проте він має переваги порівняно з нарізуванням різьби різальним інструментом: можливість

застосування копіювального обладнання для утворення складних контурів, висока точність обробки та можливість автоматизації із застосуванням верстатів з ЧПК або фотокопіювальної головки під час обробки за кресленням.

3. Обробка обкатом, коли поєднані обертовий рух заготовки 1 (Рис. 3.6.) і рух профільованого електрода-інструмента 2 з відповідними подачами ефективна для виготовлення деталей із складними за формою виступами та западинами, наприклад для одержання зубців на поверхні зубчастих коліс простим електродом-інструментом. Електроерозійні методи обробки залежно від умов і одержаних результатів поділяють на електроіскрові та електроімпульсні. При цьому розрізняють низько-, середньо- і високочастотну обробку.

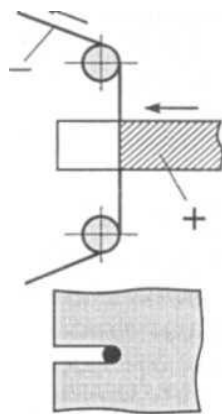


Рис. 3.6. Обробка обкатом

Електроіскровим методом оброблюють невеликі деталі. Він використовується для утворення неглибоких отворів різної форми та малого діаметра, для вирізування контурів у штампах з твёрдосплавних матеріалів, волочильних віконць, вузьких щілин, виготовлення сит, зміцнення поверхонь інструментів, тощо. Обробка можлива непрофільованим електродом. Дріт, який застосовують як непрофільований електрод, можна підключити до негативного полюса, а заготовку – до позитивного. Процес електроіскрової обробки можна автоматизувати та застосувати прийоми фотокопіювання, електроіскрового

відбитка, проміжкового копіювання, видавлювання копіра. На рис. 3.7. наведена схема електроіскрового верстата з фотокопіювальним обладнанням, працюючого за фотокопіром.

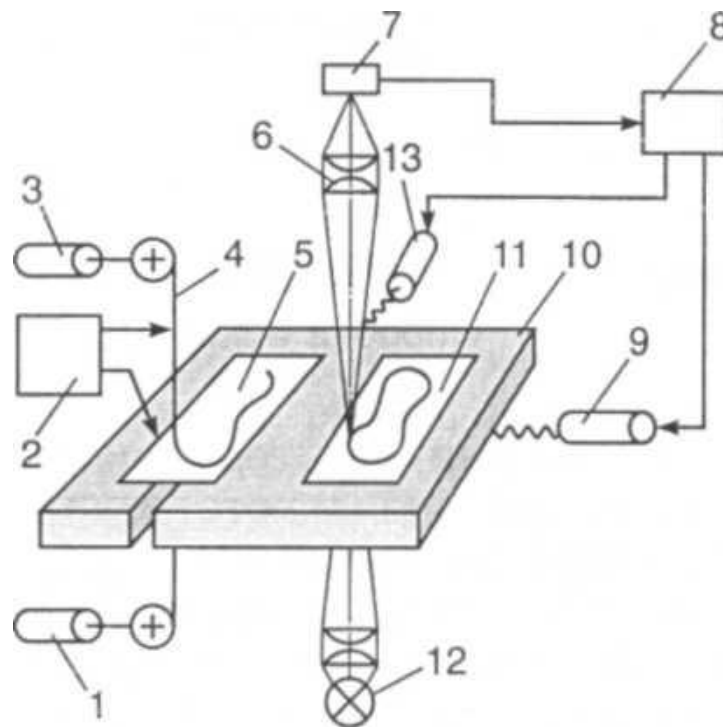


Рис. 3.7. Схема електроіскрового верстата з фотокопіювальним обладнанням: 1 — електродвигун; 2 — генератор імпульсів; 3 — електродвигун перемотування дротини з котушок; 4 — дротяний електрод; 5 — стилі з заготовкою; 6 — оптична система; 7 — фотодатчик; 8 — електронне слідкуюче обладнання; 9, 13 — двигуни переміщення стола в двох перпендикулярних напрямках; 10 — координатний стіл; 11 — столик з фотокопіювальною системою; 12 — джерело світла.

Здатність електроіскрового методу обробки металів підвищувати міцність поверхні деталі, її твердість, зносостійкість, жаростійкість і ерозійну стійкість використовують для підвищення якості різального інструмента, штампів, прес-форм та інших деталей.

Електроімпульсна обробка є удосконаленням електроіскрового методу. Вона збільшує швидкість знімання металу в 8...11 разів, зменшує мікронерівність поверхні, підвищує довговічність інструмента. Порівняно з електроіскровою обробкою полярність у цьому випадку зворотна, тобто заготовка є катодом, а інструмент – анодом.

Процес електроімпульсної обробки базується на тих самих

принципах, що й інші види електроерозійної обробки – плавлення дрібних часток металу в зоні електричного розряду, але тривалість імпульсів більша, ніж у випадку електроіскрового методу, що пояснюється застосуванням генераторів знижених напруг і підвищених значень середніх струмів.

До електроерозійних видів обробки належить електроконтактний метод, коли імпульси генеруються взаємним переміщенням електродів, а джерелом електричної енергії може бути постійний або змінний струм. Обробку виконують у повітряному середовищі або рідині, яку заливають у міжелектродний проміжок. Як рідину застосовують воду з антикорозійними домішками.

Електроконтактна обробка базується на властивості змінного струму нагрівати місця контакту заготовки з твердого матеріалу з інструментом, що обертається – до однієї фази струму підключають інструмент, до другої – заготовку. Під час проходження струму відбувається щільний контакт, що веде до розм'якшення заготовки у місці стикання її з інструментом. Сталевий або чавунний диск, обертаючись, знімає метал із заготовки. До диска підводиться струм напругою 2...30 В та силою 1000 А і більше. Диск обертається із швидкістю 25...50 м/с.

3.4.2. Променева обробка

Для обробки металів і сплавів застосовують електронні промені, тобто використовують теплову енергію електронів, які швидко рухаються у вакуумі, та світлові промені, що одержують у квантових генераторах світла (лазерах). Лазер – генератор, який випромінює світло у вигляді гостро сфокусованого променя з високою щільністю енергії. Лазером фокусують вузький промінь діаметром до 1 мкм.

Електронний промінь несе енергію високої концентрації. Джерелом променя є термоелектронна емісія, тобто вихід електронів із металу

(наприклад, вольфрамової нитки) за його нагрівання. Фокусування променя на малу площину та керування траєкторією руху пучка здійснюються електромагнітними лінзами. Для обробки електронним променем необхідна установка з електронною гарматою, що створює потужний електронний промінь, її розміщують у вакуумній камері.

Сфокусований потік електронів або пучка світла у вигляді вузького променя можна використати як мікроінструмент для різання, свердління, стругання, фрезерування з високою точністю обробки матеріалу будь-якої твердості, а також металів з великою активністю до сполучення з киснем. Сутність обробки полягає в тому, що за допомогою електронного пристрою одержують пучок електронів у вакуумі у вигляді променя з великою концентрацією тепла, який швидко плавить метал на значну глибину. Зварювання променем світла виконують квантовими генераторами. Генератори дають змогу одержати потужний промінь, яким можна швидко зварити метал, розплавити та навіть випарувати його. Зварювання лазерним променем подібне до електронно-променевого зварювання, тобто зварний шов надзвичайно тонкий. Переваги лазера у тому, що зварювання можна виконати на відстані в стисненому газі, вакуумній камері, всередині прозорих ємностей. Лазерний промінь може концентрувати енергію в 30 разів більшу, ніж електронний, тому світлові промені використовують як мікроінструменти для обробки твердих матеріалів з високою точністю.

3.4.3. Ультразвукова обробка

Під час ультразвукової обробки торець інструмента коливається із надзвуковою частотою та амплітудою до 0,05 мм у напрямі його подачі. У простір між торцем інструмента та поверхнею заготовки подається рідина з абразивним порошком. Під дією коливання інструмента частки абразиву з силою ударяються в поверхню заготовки та заглиблюються в неї,

утворюючи контури торця інструмента. Коливання створюються в магніострикційних випромінювачах, дія яких базується на властивості деяких металів (наприклад заліза, кобальту, нікелю та їх сплавів) змінювати свій об'єм в магнітному полі та відновлювати первісні розміри з виключенням поля. Змінне електромагнітне поле створює високочастотний генератор. Цей метод дає змогу з високою точністю прорізати щілини, круглі та фасонні отвори чи заглиблення у твердих матеріалах (скло, кераміка тощо), а також розрізати невеликі заготовки.

На рис. 3.8. показано схему настільного універсального ультразвукового верстата. По напрямним станини 6 переміщається повзун 5, за допомогою якого закріплену заготовку 1 притискують до інструмента 2. У головці є магніострикційний вібратор 4 та концентратор 3, сполучений з інструментом. Рідина з абразивним порошком подається насосом 7 через шланг з бака 8. На його передній стіні розміщені органи

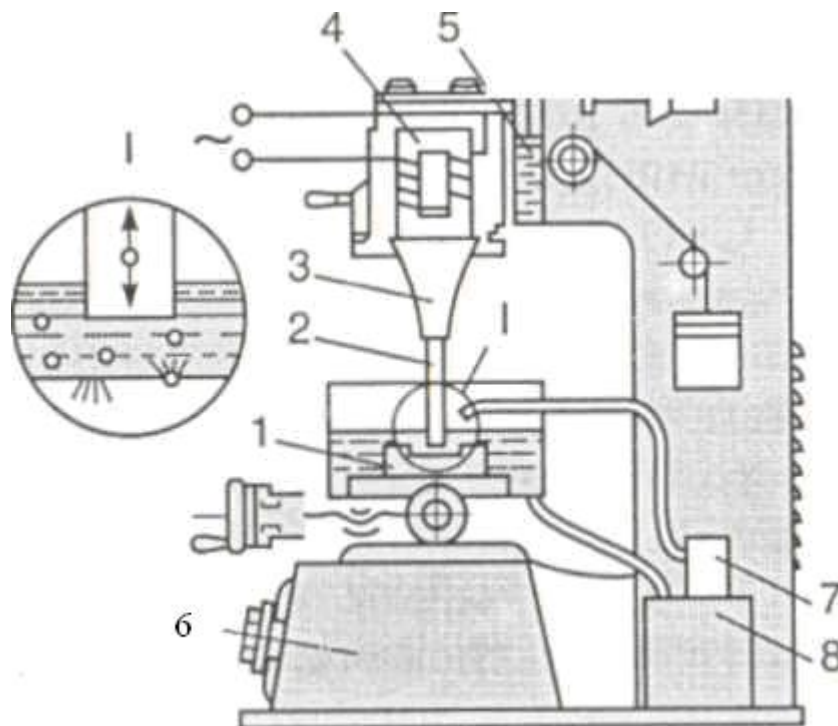


Рис. 3.8. Схема верстата для ультразвукової обробки

керування та контролю: амперметр, міліамперметр, перемикач контролю режиму ламп, сигнальні лампи, ручки «Потужність» та «Частота», кнопки

«Пуск» і «Стоп», вимикачі мережі та насоса.

При потужності генератора 0,25 кВт і частоті 18,3 кГц, то продуктивність верстата для скла буде наближатися до 3000 мм³/хв і до 8 мм³/хв для твердого сплаву Т15К6. Глибина обробки дорівнює діаметру торця інструмента і становить 0,5... 10 мм.

3.4.4. Електрохімічна обробка

Для обробки деталей з міцних металів і сплавів застосовують метод електрохімічного розчинення металів в електроліт – 25 %-му розчині мідного купоросу в суміші з абразивним порошком. Установка для обробки складається з металевого круга – катода і заготовки – анода, поверхню якої заливають суспензією. Наявність порошку абразиву створює мінімальний зазор між анодом і катодом, не допускаючи між ними короткого замикання, а мідний купорос сприяє утворенню плівки міді. Тому міцність поверхні заготовки знижується і за механічної дії абразивних зерен легко обробляється. Сутність обробки полягає в електрохімічному розчиненні та механічному вилученні абразивними зернами плівки, що утворилася на поверхні, яка оброблюється. З метою інтенсифікації процесу електроліт підігрівають до температури 35...40 °С за напруги постійного струму 8 В і сили струму 100 А.

3.5. Покриття в приладобудуванні

Покриття – це додатковий шар з іншого матеріалу, який наноситься на поверхню деталі не методами складання.

В залежності від матеріалу розрізняють наступні види покриттів:

- 1) металеві (гальванічні);
- 2) неметалеві (хімічні);
- 3) лакофарбові;

4) пластикові;

Всі види покриттів діляться на захисні, захисно-декоративні та спеціальні. Захисні призначаються для захисту металу деталей від корозії; захисно-декоративні – для зовнішнього оформлення деталей, від яких наряду з захистом від корозії вимагається сучасний зовнішній вигляд; спеціальні захищають деталі приладів від впливу на них кліматичних умов та агресивних середовищ, а також надання їм спеціальних фізичних властивостей (зносостійкі, струмопровідні, і т.д.).

Перед нанесенням покриття на деталь необхідно виконати підготовку поверхні, яка полягає у видаленні плівок окислів, жиру та забруднень. Існують три методи підготовки поверхонь деталей до покриття: 1) механічні; 2) хімічні; 3) електрохімічні.

Механічні способи – це операції шліфування та полірування, а також піскоструйна обробка. Для шліфування використовується наждачна паста, а для полірування паста з окислу хрому.

До механічної обробки також відноситься крацування та галтування. Крацування – це обробка поверхонь деталей за допомогою сталевих щіток які обертаються з використанням мильної води. Дрібні деталі піддають галтуванню у обертаючих гранованих барабанах з наповнювачем у вигляді порошку. В результаті обертання барабану відбувається тертя деталей с наповнювачем та очистка їх поверхонь.

Хімічна підготовка полягає в знежиренні, травленні та декапируванні.

Електрохімічна підготовка складається зі знежирення, катодного та анодного травлення, декапирування та полірування, яка здійснюється в гальванічних ваннах в різноманітних електролітах під дією електричного струму.

Покриття в приладобудуванні наноситься для запобігання руйнуванню поверхні деталі.

Руйнування металевих деталей під впливом хімічного або

електрохімічного взаємозв'язку с зовнішнім середовищем називається корозією. Інтенсивність корозії багато в чому залежить від шорсткості поверхні деталі, кліматичних умов та впливу середовища, в яких працює прилад. Особливо сильне руйнування деталей спостерігається в агресивних середовищах, тобто в розчинах солей, кислот, лугів, при високій температурі. Деталі, які оброблені з шорсткістю $Rz=25$, піддаються корозії швидше, ніж деталі з шорсткістю $Rz=3,2$.

Деякі метали та їх сплави, наприклад алюмінієві, стійкі в середовищі розчинів кислот та швидко руйнуються в лугах, і навпаки, вироби зі сталі стійкі в лужних середовищах і швидко руйнуються в середовищі розчинів кислот та їх суміші. Ці умови повинні враховуватися конструктором при проектуванні виробів.

Способи боротьби з корозією:

- 1) виготовлення виробів з матеріалів інертних, або які мало піддаються корозії, наприклад з нержавіючої сталі, пластмас;
- 2) нанесення на поверхню металів лакофарбових покриттів;
- 3) нанесення на поверхню шару жиру або мастила;
- 4) створення на поверхні деталі оксидних плівок (синіння, оксидування та воронування сталі, оксидування та чорніння міді та її сплавів);
- 5) покриття одного металу шаром іншого;

Призначення плівки лаку або фарби – захист поверхні деталей від контакту с оточуючим середовищем. Використовують масляні фарби – суміш оліфи з мінеральними фарбами: перший шар – ґрунтовка, другий – декоративний. До переваг відноситься дешевизна та легкість відновлення. Недоліки – мала стійкість та пористість.

Якщо на поверхні виробу створити щільну плівку окислу металу, то вона ізолює метал від оточуючого середовища. Природна оксидна плівка (наприклад у алюмінію) надійно захищає від руйнування шари металу які, лежать нижче. На інших металах природна оксидна плівки не щільна і не може захищати метал. Нанесення жиру або технічного мастила на поверхні

деталі сприяє збільшенню корозійної стійкості оксидних плівок.

Металопокриття бувають двох типів: анодне, яке захищає основний метал не тільки механічно, але і електрохімічно (в місці руйнування плівки утворюються мікрогальванічні пари), а також катодне, яке захищає основний метал лише механічно (при руйнуванні плівки катодного покриття основний метал корозує швидше, ніж якщо б покриття не було, тому що при цьому утворюється мікрогальванічна пара, яка руйнує основний метал).

Існує декілька способів металопокриттів. При способі гарячого металопокриття деталі занурюють у ванну з розплавленим металом, в результаті чого розплавлений метал осідає на поверхні деталі. Основна перевага це швидкість процесу покриття, а до недоліків відноситься велика витрата металопокриття.

Метод гальванопокриття в результаті електролізу: катодом є деталь, анодом – метал покриття, для цього використовується електролітичний водяний розчин кислих або ціанистих солей металу покриття. Перевага – можливість отримання тонкої і товстої плівки, як одношарової так і багатошарової. Недолік – низка продуктивність та дорожнеча.

Електродним потенціалом називається напруга на границі метал-розчин, яка викликає перехід металу в розчин або виділення іонів металу з розчину. Якщо в парі знаходяться два електропотенціальних метали, то анодом буде той метал, у якого електрохімічний потенціал нижчий. Щоб покриття виявилось анодним, потрібно металом покриття взяти інший елемент який стоїть вище по таблиці електрохімічного ряду напруг. Якщо метал покриття має позитивний потенціал, а метал виробу негативний, то покриття катодне (наприклад стальна деталь покриття оловом має катодне покриття, а покрита цинком – анодне). Золотіння деталей з будь-якого металу, це катодне покриття.

Неметалеві (хімічні) покриття являють собою плівки оксидів або солей металів, які не розчиняються у воді. Основні хімічні покриття

діляться на наступні види: хімічне оксидування та фосфатування для чорних металів, анодне оксидування для сплавів алюмінію та титану, хімічне оксидування для латуні та бронзи, а також хімічне фосфатування для цинку.

Лакофарбове покриття використовують для захисту від корозії таких поверхонь деталей, які не підлягають механічним та температурним впливам і не працюють в умовах тертя та ковзання. Існують наступні види лакофарбових покриттів: пензлем; зануренням у ванну з фарбою; накатування валиком; розпилення стиснутим повітрям; розпилення у постійному електричному полі високої напруги.

3.6. Технологія тонкошарового покриття

У природі ми часто зустрічаємося з тонкими плівками – це плівки мастила на воді, плівки мильних пузирів, плівки води. Потьмяніле від часу скло при уважному дослідженні також виявляються покриті плівкою. Плівки можуть мати різноманітний кольоровий окрас в залежності від товщини та від кута, під яким ми їх розглядаємо. Залежність окрасу тонких плівок від товщини виявив ще Ньютон. Цей факт в подальшому став основою для створення цілого ряду методів визначення товщини, які використовуються до нашого часу.

3.6.1. Тонкі плівки та їх використання

Тонкою плівкою називається шар або система шарів матеріалу товщиною, яка порівнюється з довжиною хвилі світлового випромінювання. Товщина плівок коливається від 0,001 до 10 мкм. Частіше за все, такі малі товщини вимірюють в нанометрах (нм).

Тонкі плівки можуть бути отримані як на металевих, так і на неметалевих матеріалах, які називаються підложками.

В оптиці в якості матеріалів для підложек використовують оптичні деталі зі скла, кварцу, пластмаси та напівпровідників, які певним чином оброблені та очищені. Також використовують підложки з кристалів та оптичної кераміки.

Фізичні (в тому числі оптичні) властивості тонких плівок в загальному випадку різко відрізняються від властивостей утворюючих їх речовин в масивних зразках. Причини цих різниць різноманітні, але основними є природа підложки, її температура та стан поверхні, матеріал плівки та наявність в ньому забруднюючих домішок, методи та умови отримання тонких шарів.

У цей час існують наступні основні напрямлення використання тонких плівок:

- 1) в оптиці – дзеркальні, просвітляючі, захисні, світлоділильні, нейтральні та різного роду багат шарові інтерференційні покриття;
- 2) в радіоелектроніці та радіовимірювальній техніці – для виробництва фотоопорів, фотоелектронних помножувачів, електронно-променевої трубок, болометрів, термопар СВЧ, послаблювачів потужності тощо;
- 3) у обчислювальній техніці – надпровідні плівки та магнітні тонкі плівки в якості запам'ятовуючих пристроїв;
- 4) в космонавтиці – плівочні покриття, які регулюють температуру супутників;
- 5) в машинобудуванні та приладобудуванні – покриття для захисно-декоративної обробки деталей;
- 6) в мікроелектроніці – інтегральні плівочні мікросхеми.

3.6.2. Методи отримання тонких плівок

Існує багато методів отримання тонкошарових покриттів. В загальному випадку відомі методи можуть бути розбиті на дві групи. Одна група об'єднує методи, які ґрунтуються на використанні хімічних реакцій, – це

хімічні методи. До другої групи відносяться методи, основані на фізичному випаровуванні або розпиленні матеріалу, – це фізичні методи. Однак слід відмітити, що у деяких випадках доволі важко визначити чітку грань між хімічними та фізичними методами.

До хімічних методів отримання тонких плівок відносяться:

- 1) електрохімічне осадження (електроліз);
- 2) хімічне осадження;
- 3) осадження з газової фази;
- 4) осадження з розчинів гідролізуючих з'єднань тощо;

До фізичних методів відносяться:

- 1) випаровування у вакуумі;
- 2) катодне розпилення (в тому числі реактивне);

Вибір того або іншого методу залежить від деяких факторів: від природи підложки та її розмірів, від експлуатаційних вимог, які пред'являються до покриття, від заданої програми випуску оптичних деталей тощо.

3.6.3. Електрохімічне осадження (електроліз)

Електрохімічне осадження (електроліз) застосовується для отримання плівок деяких металів та їх окислів. Вперше електроліз був запропонований у 1838р. російським академіком Б. Якобі. Процес проводиться у ванні з електролітом, в якій занурені два електроди – анод та катод. Під дією електричного поля позитивні іони металу (катіони) направляються до катода, де в результаті нейтралізації осідає шар металу.

До електрохімічного осадження відноситься також анодне окисдування – процес отримання плівок окислів різноманітних металів на аноді, де в якості аноду використовується підложка з цих же металів. Цей метод широко застосовується для захисту алюмінієвих дзеркал.

3.6.4. Хімічне осадження

Хімічне осадження засноване на реакціях відновлення металів з розчинів їх з'єднань. В оптико-механічній промисловості хімічне осадження використовується у виробництві срібних дзеркал. Деталі, які підлягають посрібленню, занурюють у ванну, яка качається з розчином азотнокислого срібла, аміаку, їдкі луги, інвертированого цукру та сірчаної кислоти. В результаті хімічних реакцій з розчину відновлюється металеве срібло, яке міцно осаджується на деталях. Для запобігання срібного шару від механічних та фізико-хімічних впливів використовують захисні покриття з міді та бакелітового лаку.

3.6.5. Осадження з газової фази

Осадження з газової фази засновано на хімічних реакціях, які протікають в газовій фазі на поверхні підложки або в безпосередній близькості від неї. Осадження плівки відбувається зазвичай на нагріту поверхню підложки. Існує два різновиди цього методу – гідроліз та піроліз.

При гідролізі використовується хімічна взаємодія парів плівкоутворюючого матеріалу з парами води, в результаті якого складна речовина розпадається на прості, а тверді продукти реакції осідають на підложку.

При піролізі для розкладання газоутворюючого з'єднання, яке містить речовину для покриття, використовують достатньо високі температури. Тому піроліз називають також термічним розкладанням.

3.6.6. Осадження з розчинів гідролізуючих розчинів

Цей метод полягає в нанесенні на центр деталі, яка швидко обертається, невеликої кількості спиртового розчину ефірів ортокислот, які

схильні до легкого гідролізу у присутності невеликої кількості води або водяних парів. Під дією відцентрових сил розчин рівномірно змочує поверхню деталі, а надлишок розбризкується в різні сторони. В присутності волого повітря відбувається гідроліз ефіру, спирт та летючі продукти гідролізу випаровуються, а з ефіру виділяється та міцно утримується на поверхні деталі плівка окислу елемента, який відповідає обраному ефіру.

3.6.7. Випаровування у вакуумі

На цей час є самим розповсюдженим методом. Сутність його складається в тому, що необхідний матеріал (метал, напівпровідник, діелектрик) шляхом термічного нагрівання випаровується у високому вакуумі, а пари які утворюються конденсуються в вигляді тонкої плівки на поверхні підложки. Процес утворення плівки протікає дуже швидко – від декілька секунд до декілька хвилин.

3.6.8. Катодне розпилення

Засновано на вибиванні атомів матеріалу катоду при бомбардуванні його іонами розрідженого газу високих енергій. Атоми, які вилітають з поверхні катоду, розповсюджуються навколишньому просторі та осаджуються на підложках. Установка для отримання плівок цим методом дуже проста: плоский катод, який знаходиться під високим негативним потенціалом, та заземлений анод з встановленою на ньому підложкою знаходяться на деякій відстані один від одного в робочій камері, з якої відкачується повітря, після чого туди напускається робочий газ. При подачі високої напруги між анодом та катодом виникає газовий розряд, в результаті якого молекули газу іонізуються, розганяються до високих швидкостей і, ударяючись о катод, здійснюють розпилення катода.

Розрізняють катодне розпилення двох видів: фізичне та реактивне. В першому випадку процес проводять в інертному газі, завдяки чому не трапляється хімічних реакцій, та склад плівки не відрізняється від матеріалу катоду, що розпилюється.

При реактивному катодному розпиленні в робочу камеру вводять хімічно активний газ (наприклад, кисень), що сприяє протіканню хімічних реакцій між матеріалом що розпилюється та активним газом та отриманню плівок потрібних хімічних з'єднань.

3.6.9. Переваги та недоліки методів отримання тонких плівок

Електроліз в оптиці використовується для отримання захисних покриттів з металу (міді, нікелю), при виробництві срібних дзеркал та з окислів металів (анодне оксидування). В окремих випадках метод використовується для виготовлення дзеркал з високою механічною міцністю та хімічною стійкістю (наприклад, дзеркала з родію та паладію). Товщина площин, які отримані методом електролізу, може досягати 100 мкм. Плівки достатньо міцно скріпляються з металевою підложкою. На діелектричних підложках отримання плівок неможливо без попереднього нанесення додаткової плівки з струмопровідного матеріалу (наприклад, срібла, алюмінію, нікелю та ін.)

Проведення процесу в рідкому середовищі накладає певні обмеження на вибір матеріалу для підложок.

Властивості осаджених плівок залежать від багатьох факторів: щільності струму, чистоти, температури та інтенсивності перемішування розчину, форми електродів і т.д.

Складність технології, нерівномірність товщини плівок та ускладнений контроль процесу осадження дуже обмежує використання методу для нанесення оптичних покриттів.

Хімічне осадження знаходить обмежене використання в основному

для нанесення дзеркальних та світлоділильних плівок срібла.

Основними перевагами методу хімічного осадження є простота обладнання, можливість нанесення покриття на деталі будь-якої форми та розмірів.

Але метод має ряд недоліків:

а) слабе зціплення плівки з підложкою та необхідність нанесення захисних покриттів;

б) низьку відтворюваність властивостей плівок;

в) велику трудомісткість та тривалість нанесення захисних покриттів;

г) оптичні властивості, трохи гірші ніж у тих же плівок, які отримані методом випаровування у вакуумі;

Осадженням з газової фази можуть бути отримані високоякісні плівки з окислів кремнію SiO_2 , титану TiO_2 , олова SnO_2 . Покриття відрізняються виключно високою міцністю, стабільністю, високими захисними властивостями.

Але використання методу обмежено наступними недоліками: обмежений вибір тонкоплівочних матеріалів; висока температура нагріву підложки; складність технології, обладнання та апаратури; низька відтворюваність властивостей плівок; відсутності суворого контролю за нанесенням плівок.

Нанесення плівок з розчинів з'єднань, що гідролізуються завдяки простоті технологічного процесу та хімічній і механічній стійкості покриттів знайшло широке використання в промисловості. Плівки можуть бути отримані як для видимої, так і ультрафіолетовій та ближньої інфрачервоної областей спектру.

До недоліків методу відносяться:

а) складність отримання рівномірних по товщині покриттів на деталях складної конфігурації (наприклад, деталі не круглої форми, лінзи з крутими поверхнями і т.д.);

б) високі вимоги до постійності температури та вологості повітря в приміщенні, де наносяться покриття;

в) тривалість процесу нанесення багатошарових покриттів;

г) неможливість контролю товщини плівок в процесі їх нанесення;

Випаровування у вакуумі в теперішній час є найбільш розповсюдженим для виготовлення тонких плівок. Важливими перевагами методу випаровування у вакуумі є:

а) висока ступінь чистоти та однорідність плівок, які можливі завдяки високому вакууму, де взаємодія матеріалу плівки з оточуючими остаточними газами зведено до мінімуму;

б) можливість нанесення покриттів на підложки з любого матеріалу (метал, діелектрик, напівпровідник);

в) великий вибір плівкообразуючих матеріалів з різноманітними оптичними властивостями;

г) високоточний контроль товщини плівок в процесі їх нанесення;

д) можливість отримання покриттів з товщиною, яка змінюється по певному закону, а також однорідних покриттів на деталях різноманітної конфігурації;

е) можливість виготовлення складних багатошарових покриттів;

ж) швидкість нанесення плівки (від секунди до декількох хвилин);

До недоліків методи випаровування у вакуумі слід віднести складність та високу вартість обладнання та необхідність охолодження внутривакуумної апаратури (стінок робочої камери та підложок з тримачами) після нанесення покриттів.

Катодне розпилення за останні роки починає завойовувати все більше визнання не тільки в мікроелектроніці, але й оптиці.

Важливими перевагами методу є:

а) можливість розпилення практично усіх твердих матеріалів, особливо тугоплавких;

б) виключно висока стабільність та стійкість плівок до зовнішніх

впливів;

в) мала витрата матеріалу, тому що катод що розпиляється використовується багаторазово;

До недоліків методу катодного розпилення слід віднести:

а) меншу швидкість нанесення плівки, чим при випаровуванні у вакуумі, тому дуже дорожчає процес;

б) більш високу температуру підложок в процесі нанесення покриттів в порівнянні з методом випаровування у вакуумі (вибір матеріалу підложок обмежений);

в) меншу чистоту плівки, чим при випаровуванні у вакуумі, тому що розпилення відбувається при більш високому тиску остаточного газу;

г) необхідність мати катод більших розмірів, чим підложка.

З огляду різних методів отримання тонких плівок слід зробити висновок, що вакуумні методи є найбільш перспективними. Їх переваги, окрім ряду важливих технічних зручностей, полягають головним чином у можливості легкого регулювання товщини покриттів та забезпечення гарної відтворюваності властивостей отриманих плівок, а також в здійснюваності неперервного контролю за процесом відкладення плівки.

Тому з розвитком техніки випаровування та катодного розпилення матеріалу у вакуумі хімічні та електрохімічні методи, які дають, як правило, плівки значно гіршої якості, практично виходять з використання.

Контрольні питання до розділу:

1. Охарактеризуйте технології виготовлення заготовок деталей.
2. Особливості технології одержання виливок з використанням піщаних форм.
3. Які в приладобудуванні застосовуються спеціальні види лиття?
4. В чому сутність холодного об'ємного штампування?
5. Які методи виготовлення деталей приладів із пластмас?
6. Охарактеризуйте основні етапи виготовлення деталей приладів з

кераміки?

7. Особливості електрорізальник та електрохімічних методів обробки деталей приладів.
8. Що таке електрична ерозія?
9. Яка схема обробки не профільованими електродами?
10. Охарактеризуйте електроіскровий метод обробки деталей приладів.
11. Переваги лазерної обробки деталей приладів.
12. Особливості ультразвукової обробки.
13. Які види покриттів використовуються в приладобудуванні?
14. В чому сутність підготовки поверхні перед нанесенням покриття?
15. Які способи боротьби з корозією?
16. Дайте характеристику катодним та анодним покриттям.
17. Що таке тонка плівка?
18. Які методи отримання тонких плівок?
19. Особливості хімічних та фізичних методів отримання тонких плівок.

4. ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ТИПОВИХ ДЕТАЛЕЙ ПРИЛАДІВ

В основу ефективних методів виготовлення деталей лежить принцип поєднання технічних, економічних і організаційних завдань, які вирішуються під час побудови технологічного процесу обробки. Основним методом витрат на виготовлення деталей приладів є впровадження типізації технологічних процесів.

4.1. Типові методи обробки отворів

Типовою обробкою називають технологічний процес, який характеризується єдністю змісту та послідовністю операцій для однакових деталей, коли їх можливо виготовляти однаковими методами, з використанням однакового обладнання, інструмента, пристосування тощо. Типовий технологічний процес базується на створенні комплексної деталі та технологічного процесу її виготовлення, за яким можливо обробляти будь-яку групу таких деталей, пропускаючи окремі операції (рис. 4.1).

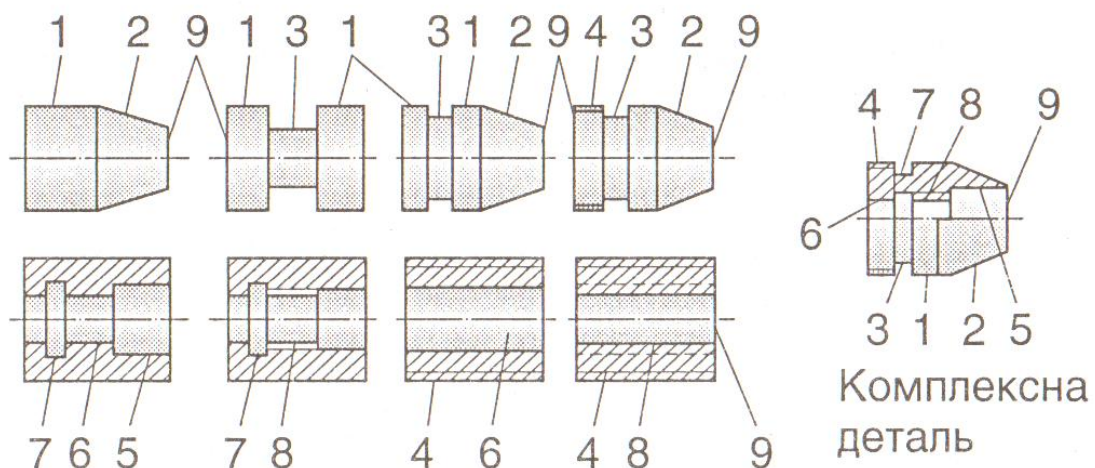


Рис. 4.1. Приклад обробки «комплексної деталі»:

- 1 – циліндрична поверхня; 2 – конічна; 3 – канавка; 4 – зовнішня різьба;
- 5 – внутрішня циліндрична поверхня з уступами; 6 – отвір;
- 7 – внутрішня канавка; 8 – внутрішня різьба; 9 – торець

У приладобудівному виробництві під час обробки отворів використовують пристосування для направлення інструмента кондукторними втулками на горизонтально-розточувальних, вертикально-свердлильних, радіально-свердлильних верстатах. Ефективним є застосування багатопшпіндельних агрегатних верстатів, коли типова компоновка силових головок, інструментів і заготовки дає змогу обробляти велику кількість отворів, а також застосовувати різцеві головки та універсальні способи координації положення інструмента. До прогресивних методів обробки можна віднести алмазне хонінгування та протягування за прогресивною схемою (рис. 4.2). Особливістю різальної частини протяжки для прогресивної схеми протягування є конструкція зубців, висота яких не змінюється у межах довжини кожної секції різальних кромek на відміну від звичайних, де починаючи від забірної частини висота поступово збільшується. Довжина кожної секції різна, а діаметр збільшується на 0,3...0,4 мм, тому в процесі протягування розширюється прорізна частина отвору кожним зубом секції.

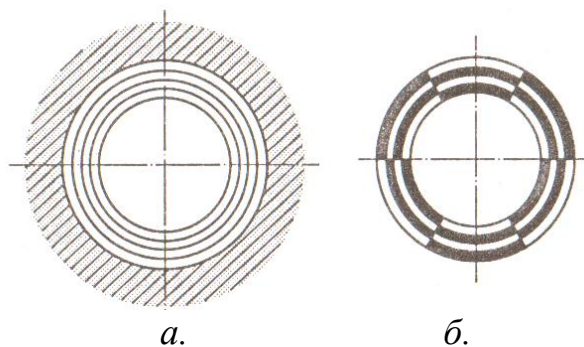


Рис. 4.2. Схеми протягування отворів:
a – профільна; *б* – прогресивна

4.2. Типові методи обробки плоских поверхонь і пазів

Заготовки корпусних деталей і важелів мають плоскі поверхні, пази та виступи, що обробляються. Корпусні деталі поділяють на призматичні та фланцеві. До призматичних належать корпуси з великими зовнішніми площинами та розміщенням отворів на кількох осях. Фланцеві корпуси

характеризуються плоскими торцевими поверхнями основних отворів і виступами або виточками центруючої площини. Типові процеси обробки плоских поверхонь і пазів можуть бути маршрутними, куди входять заготовки, що мають єдиний маршрут обробки, та операційними, в яких згруповані заготовки з однаковим змістом кожної операції. Створення типових процесів обробки вимагає класифікації деталей. Наприклад, об'єднують деталі з загальними конструкційними формами та класифікують на такі види: вали, осі та інші деталі типу тіл обертання, довжина яких більша за діаметр; диски, фланці, зубчасті колеса та деталі типу тіл обертання з отвором у центрі та без нього, довжина яких менша за діаметр; циліндричні порожнисті деталі-втулки з невеликою товщиною стінки; корпусні деталі; кронштейни, важелі та плити; деталі, які за конструктивною формою не можуть бути включеними в цей вид.

Кожний вид заготовки поділяють на класи, які відображують ще більш складну подібність за формою, призначенням та методами обробки, а також на групи та типи, які об'єднують деталі, які відрізняються лише окремими конструктивними елементами та мають однаковий процес обробки. Для обробки заготовок корпусних деталей важко створити «комплексну деталь», тому ефективним є використання типізації процесів і методу групової обробки. В цьому випадку за аналогією вводиться «комплексний маршрут», який містить комплекс характерних найбільш повних операцій для групи заготовок багатопредметної групової потокової лінії.

Комплексний маршрут групи заготовок потребує установки обладнання та наявності пристроїв з груповим переналагодженням згідно зі складеним комплексним маршрутом. На рис. 4.3. *а* зображені деталі, які виготовляють на одній груповій потоковій лінії, що входить до комплексного маршруту, а на рис. 4.3. *б* – необхідне обладнання й маршрути обробки коромисла. На рис. 4.3. суцільна лінія показує рух коромисла; штрихова – ручки; штрих пунктирна – кожуха. Коефіцієнт

завантаження верстатів, встановлених для обробки групи заготовок за двозмінної роботи, дорівнює $0,6 \dots 0,85$. Для підвищення ефективності потокової лінії необхідно вводити агрегатні верстати та групові переналагоджувальні пристрої.

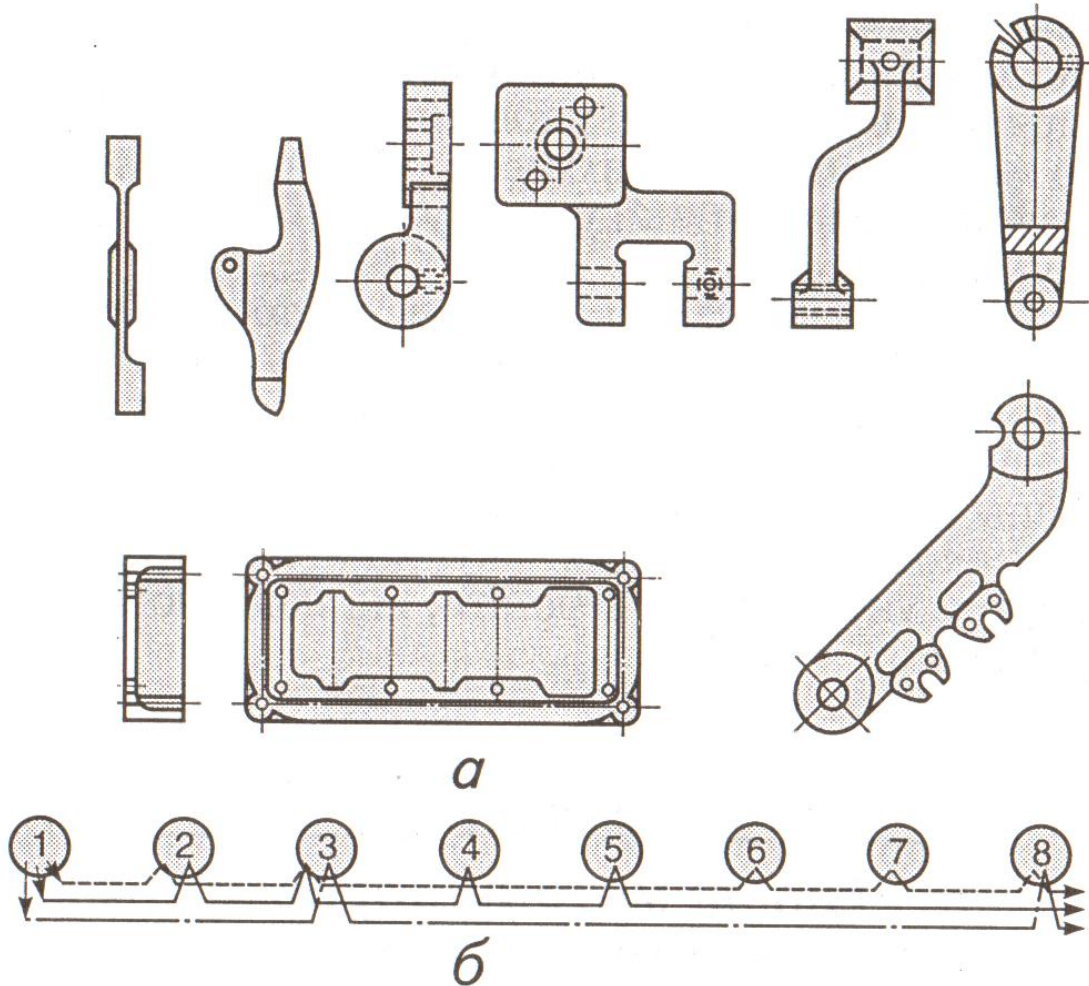


Рис. 4.3. Комплексний маршрут групової потокової лінії:
 1 – верстак; 2 – горизонтально – фрезерний верстат; 3 – вертикально – фрезерний верстак; 4 – токарний верстат; 5 – верстак і свердлильний верстат; 6 – вертикально розточувальний верстат; 7 – горизонтально – фрезерний верстат; 8 – верстак і свердлильний верстат

Групове фрезерування плоских поверхонь заготовок, укладених в один ряд (рис. 4.4. *a*), в два ряди (рис. 4.4. *б*) та з перекладанням, можна виконувати послідовно, а також за безперервним циклом на вертикально-фрезерному верстаті (рис. 4.5.).

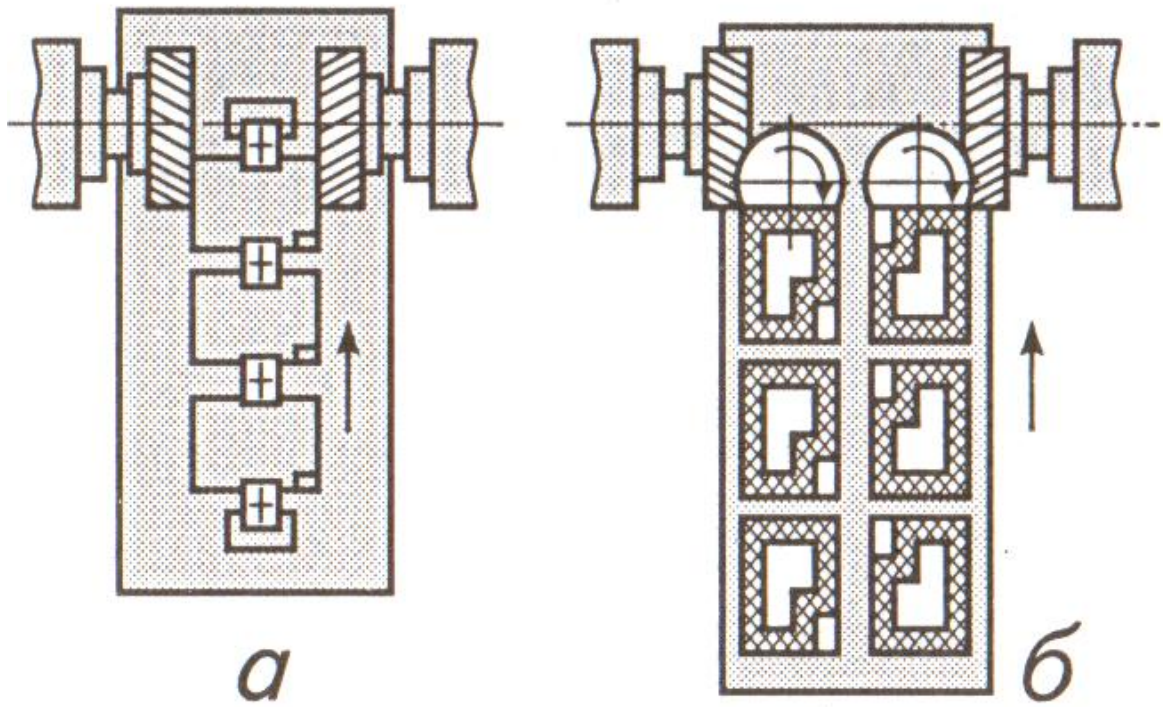


Рис. 4.4. Групове фрезерування двома торцевими фрезами

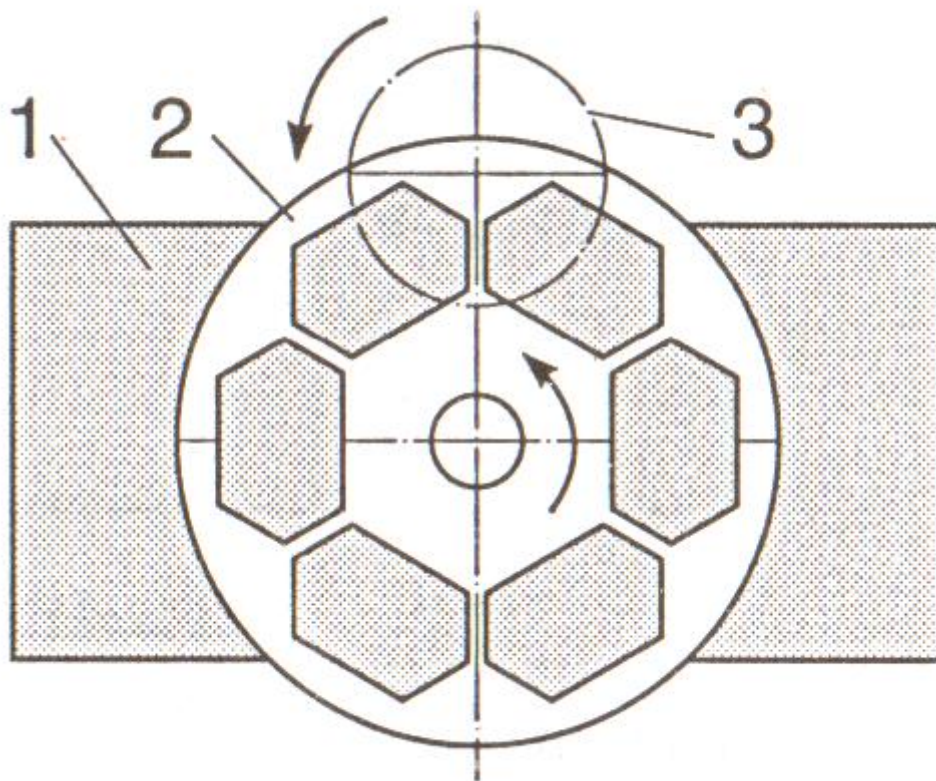


Рис. 4.5. Групова обробка корпусних деталей на вертикально – фрезерному верстаті: 1 – станина верстата; 2 – стіл; 3 – торцева фреза

До нових перспективних методів обробки плоских поверхонь, пазів і виступів треба віднести зміцнювання пластичним деформуванням: обкочування оброблених поверхонь прецизійним пластичним деформуванням, що усуває шабрування станин тощо, наклепування поверхонь кульками інструмента – зміцнювача, зміцнення електромеханічною обробкою, вигладжування та вібровигладжування роликками з алмазоносним шаром, алмазне вигладжування з використанням ультразвукових коливань та інші електрофізичні та електрохімічні методи розмірної обробки, що розглянуті далі.

Контрольні питання до розділу:

1. Що таке типова обробка?
2. Особливості різальної частини протяжки.
3. Схеми групового фрезерування плоских поверхонь.
4. Що таке «комплексний маршрут»?
5. Перспективні методи обробки плоских поверхонь.

5. ТЕХНОЛОГІЯ СКЛАДАННЯ ПРИЛАДІВ

Процес складання є кінцевим етапом виготовлення виробів. У приладобудуванні через особливу його специфіку складання є основним і найбільш трудомістким виробничим процесом, який визначає якість продукції, що випускає підприємство.

При цьому особлива увага приділяється питанням точності виготовлення виробів та високої надійності їх роботи. Це ускладнюється тим, що сучасні прилади є дуже складними та тонкими конструкціями, які містять велику кількість точних, але мало жорстких кінематичних вузлів, електричних кіл, оптичних та оптико-електронних елементів, що працюють в єдиному багатофункціональному взаємозв'язку. Забезпечити високу точність і стабільних вихідних характеристик таких складних пристроїв можна тільки за рахунок особливої організації виробництва та застосування великої кількості різноманітних складально-регулювальних, контрольно-вимірювальних і випробувальних робіт. Це приводить до того що трудомісткість цих робіт досягає долі 60-80% від загальної трудомісткості виготовлення приладу.

5.1. Технологічність складальної одиниці

Під технологічністю виробу розуміють можливість його виготовлення найбільш дешевим, швидким та простим способом. Технологічність виробу розраховується за допомогою певних критеріїв технологічності, що поділяються на основні та відносні. Після розрахунку яких і роблять висновок чи доцільно виготовляти прилад на виробництві.

Основні показники технологічності:

1. Показник трудомісткості виготовлення виробу в цілому.

$$K_T = \frac{T_{\Sigma \text{вир.}}}{T_{\Sigma \text{баз.вир.}}},$$

де $T_{\Sigma \text{вир}}$ - очікувана загальна трудомісткість виготовлення даного виробу,
 $T_{\Sigma \text{баз.вир}}$ - трудомісткість виготовлення базового виробу, що раніше вироблявся.

$$T_{\Sigma \text{вир.}} = \sum_{i=1}^p T_{ni},$$

де p - число всіх технологічних процесів.

2. Показник собівартості виробу.

$$K_C = \frac{C_{\Sigma \text{вир}}}{C_{\Sigma \text{баз.вир}}},$$

де $C_{\Sigma \text{вир}}$ - собівартість виготовлення приладу, з врахуванням накладних витрат (у приладобудуванні до 300%), $C_{\Sigma \text{баз.вир}}$ - собівартість виготовлення базового приладу.

Ці критерії розраховуються безпосередньо на кожному виробництві самостійно під свої економічні можливості.

Відносні показники технологічності:

Це комплекс показників, які торкаються конструктивних та технологічних аспектів нового виробу.

1. Критерій складності виробу.

$$K_{СКЛ} = \frac{N_{\Sigma}}{n_{\Sigma}},$$

де N_{Σ} - число основних складальних одиниць в приладі, n_{Σ} - число всіх деталей в виробі по специфікації.

Якщо $K_{СКЛ} < 0,2$ - технологічність незадовільна, $K_{СКЛ} = 0,2..0,4$ - технологічність задовільна, $K_{СКЛ} > 0,4$ - технологічність добра.

2. Критерій уніфікації виробу.

$$K_y = \frac{(N_y + n_y)}{(N_{\Sigma} + n_{\Sigma})},$$

де N_y - число уніфікованих складальних одиниць, N_{Σ} - число всіх

складальних одиниць, n_y - число уніфікованих деталей, n_Σ - число всіх деталей.

Якщо $K_y < 0,25$ – технологічність незадовільна, $K_y = 0,25..0,5$ – технологічність задовільна, $K_y > 0,5$ – технологічність добра.

3. Показник уніфікації складальних одиниць.

$$K_{yco} = \frac{N_y}{N_\Sigma}$$

Якщо $K_{yco} < 0,2$ – технологічність незадовільна, $K_{yco} = 0,2..0,4$ – технологічність задовільна, $K_{yco} > 0,4$ – технологічність добра.

4. Показник уніфікації деталей.

$$K_{y\partial} = \frac{n_y}{n_\Sigma}$$

Якщо $K_{y\partial} < 0,3$ – технологічність незадовільна, $K_{y\partial} = 0,3..0,6$ – технологічність задовільна, $K_{y\partial} > 0,6$ – технологічність добра.

5. Показник уніфікації технологічного процесу.

Уніфіковані операції - операції, які широко застосовуються на виробництві, раніше освоєні, для яких існує обладнання, технологічний процес самої операції, не потребують додаткового освоєння. До таких, процесів належать згвинчування, пресування, паяння, монтаж шарикопідшипникових опор, намотувальні процеси та ін.

$$K_{ун.опер} = \frac{K_{ун.оп.}}{K_{заг.оп.}},$$

де $K_{ун.оп.}$ - кількість уніфікованих операцій, $K_{заг.оп.}$ - загальна кількість операцій технологічного процесу складання.

Якщо $K_{ун.опер} < 0,5$ – технологічність незадовільна, $K_{ун.опер} =$

0,5..0,75 – технологічність задовільна, $K_{ун.опер} > 0,75$ – технологічність добра.

6. Комплексний показник уніфікації виробу.

$$K_{\Sigma} = \frac{\sum_{i=1}^n q_i K_i}{n}$$

де K_i - відносний показник технологічності, q_i - ваговий коефіцієнт і-го

відносного показника технологічності, при чому $\sum_{i=1}^n q_i = 1$.

5.2. Методи забезпечення точності складання

Експлуатаційні вихідні характеристики приладів багато в чому визначаються точністю виконання складання та регулювання його елементів та вузлів. При виготовленні деталей і під час їх складання виконуються розміри, які завжди мають певні виробничі похибки. Такі ж похибки мають і елементи з певними фізичними характеристиками - механічними, електричними, магнітними і т.д. У результаті на складанні виходить розкид одержуваних характеристик, тобто вузли, які збираються будуть виходити з певними похибками. Тому завдання забезпечення необхідної точності збирання полягає в отриманні вихідних характеристик приладів і в заданих межах за ТУ, тобто необхідно забезпечити необхідну взаємозамінність.

Під взаємозамінністю розуміють здатність деталі або вузла приладу замінити аналогічний елемент без порушення його вихідних експлуатаційних характеристик.

При цьому в приладобудуванні стикаються з різними видами взаємозамінності. Буває *розмірна* або *геометрична* взаємозамінність та

фізична або функціональна.

Під *розмірною* взаємозамінністю розуміють отримання певної точності розмірів, зазорів, натягів при застосуванні пресових посадок, визначених переміщень одних елементів щодо інших. *Фізична* взаємозамінність - це отримання певних за величиною вихідних характеристик або параметрів.

Розмірна взаємозамінність ґрунтується на розрахунку розмірних ланцюгів, а фізична - на вирішенні функціональних рівнянь зв'язку.

Задана точність складання може забезпечуватися різними методами, залежно від вимог точності і серійності виробництва. У приладобудуванні зустрічаються в основному п'ять методів забезпечення точності:

1. Метод повної взаємозамінності.
2. Метод неповної або часткової взаємозамінності з урахуванням ймовірності.
3. Метод забезпечення підбором або групова взаємозамінність.
4. Метод забезпечення точності із застосуванням регулювання.
5. Метод забезпечення точності із застосуванням доопрацювання або виготовлення «за місцем» певних характеристик елементів.

При забезпеченні необхідної взаємозамінності стикаються з прямою і оберненою задачею. Пряма задача передбачає отримання точності вихідного параметра по заданій точності вхідних характеристик деталей і вузлів. Обернена задача передбачає визначення точності вхідних характеристик розмірів або фізичних параметрів елементів по заданій точності вихідного головного параметра.

5.2.1. Забезпечення розмірної взаємозамінності

Забезпечення розмірної взаємозамінності ґрунтується на розрахунку розмірних ланцюгів.

Розмірним ланцюгом (РЛ) називають сукупність розташованих по

замкнутому контуру в певній послідовності розмірів, які координують взаємне розташування поверхонь або осей однієї або декількох деталей.

На рис. 5.1 показаний вузол з ланцюгом розмірів і графічне зображення цього розмірного ланцюга. Розмір $A_{зам}$ виходить при складанні останнім, є вихідний розмірний параметр і називається *закриваючою ланкою*. Інші розміри - складові ланки розмірного ланцюга.

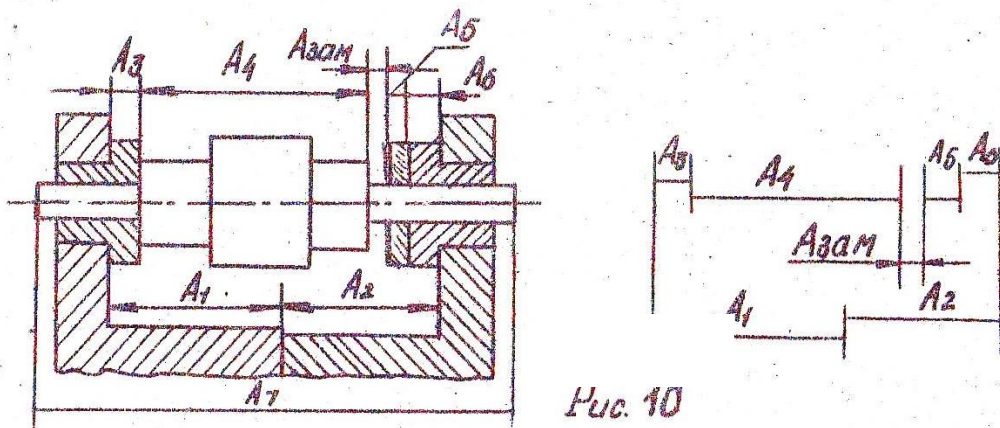


Рис. 5.1. Розмірний ланцюг

Розміри A_1 і A_2 - збільшуючі. При їх збільшенні відбувається збільшення останньої ланки.

Розміри A_3 , A_4 , A_5 і A_6 - зменшуючі. При їх збільшенні закриваюча ланка зменшується.

Номинальний розмір вихідної ланки дорівнює

$$A_{зам} = (A_1 + A_2) - (A_3 + A_4 + A_5 + A_6)$$

У загальному випадку:

$$A_{зам} = \sum_1^m A_{iув} - \sum_1^q A_{jуу}$$

де n і q - число збільшуючих і зменшуючих ланок ($n + q = m - 1$, де m - число всіх розмірів). Оскільки закриваюча ланка - функція складових розмірів $A_{зам} = \varphi(A_1; A_2; \dots; A_{m-1})$, то і похибка виготовлення її - функція від похибок виготовлення вхідних параметрів

$$\Delta A_{зам} = \varphi(\Delta A_1; \Delta A_2; \dots; \Delta A_{m-1})$$

Розрахувати розмірний ланцюг - це значить визначити, крім номінальної величини $A_{зам}$, його точність або точність складових ланок.

Метод повної взаємозамінності. Повна взаємозамінність передбачає забезпечення точності складання при будь-яких, навіть екстремальних можливих коливань дійсних розмірів у межах допуску. Методом повної взаємозамінності розв'язуються дві задачі *пряма і обернена*.

Пряма задача:

При розв'язанні прямої задачі необхідно знайти номінальне значення замикаючого розміру та його відхилення. Для цього застосовують три методи розв'язку:

1. Координатний метод.
2. Екстремальний з урахуванням номіналів.
3. Екстремальний без урахування номіналів.

Обернена задача:

У цьому разі виходячи з умов роботи виробу технічними умовами задають точність замикаючої ланки РЛ, тобто потрібну кінцеву точність складання. Слід визначити допуски на складові ланки, що забезпечують цю точність вихідного параметра, методом повної взаємозамінності простим стикування деталей. Це завдання на виробництві розв'язують за допомогою двох методів.

Метод рівності допусків. У простих розмірних ланцюгах із сумірними розмірами (тобто приблизно однаковими) допуски складових ланок беруться однаковими і прирівнюються до середнього допуску.

Але в більшості випадків цей простий метод мало застосовується через несумірність розмірів, оскільки це призводить до значного розбігу квалітетів точності виготовлюваних елементів РЛ, що недопустимо.

Метод рівності квалітетів точності. Цей метод дає змогу оцінити точність складових елементів з урахуванням їх несумірності з використанням стандартних таблиць допусків квалітетів точності. В цьому методі визначають квалітет за яким і призначають допуски на всі розміри розмірного ланцюга.

Метод неповної взаємозамінності. За організацією точності складальних робіт цей метод нагадує метод повної взаємозамінності, тобто зводиться до звичайного стикування та з'єднання елементів, які складаються, без регулювання або пригонки потрібної точності. Але оскільки за даного методу з'являється ймовірність, хоча й невелика, одержання вихідної точності в деяких виробів або його елементів, яка не задовольняє вимогам технічних умов, то він дістав назву методу неповної взаємозамінності.

Забезпечення точності складання цим методом ґрунтується на тому, що до складання надходять деталі, справжні розміри яких виконані не за граничними значеннями, як передбачалося за повної взаємозамінності, а розсіяні під час виготовлення в межах допусків через наявність виробничих похибок. Під час складання розміри складальних деталей є випадковими величинами, в результаті чого розмір замикаючої ланки, або вихідна точність складання, також буде величиною випадковою. Характер виявлення та закони розподілу цих випадкових характеристик підпорядковані певною мірою законам випадкових величин. Згідно із законом імовірності похибку замикаючої ланки, що вийшла в результаті складання, можна подати як певну суму випадкових похибок ε_i розмірів складових ланок, зібраних у даний ланцюг:

$$\varepsilon_{зам} = \sqrt{\sum \varepsilon_i^2}.$$

Величина розсіювання розмірів замикаючих ланок у партії, яку складають, визначить похибку складання $\Delta_{зам}$, яка пов'язана з величиною розсіювання розмірів складових ланок Δ_i співвідношенням:

$$\Delta_{зам} \approx \sqrt{\sum_{i=1}^{m-1} \Delta_i^2}.$$

Порівняльний аналіз такої похибки замикаючої ланки із заданим на неї допуском $\delta_{зам}$ показує, що $\Delta_{зам} < \delta_{зам}$.

Одержання вищої точності складання, ніж це потрібно за умови на виріб на виробництві, пояснюється двома факторами.

1. При складанні великої партії виробів переважна більшість складальних елементів має розмірні характеристики, близькі до середнього

значення допусків, через що значення замикаючої ланки усереднюється.

2. При складанні завжди існує імовірність взаємної компенсації похибок складових ланок, яка також призводить до підвищення точності складання та усереднення значення замикаючої ланки.

Тому у багатосерійному та масовому виробництві надається можливість, збільшити допуски на розміри складальних елементів, що знизить собівартість їх виготовлення. Таке збільшення допустиме в межах коефіцієнта збільшення

$$\beta = \delta_{зам} / \Delta_{зам}.$$

При складанні деталей із розширеними допусками за методом неповної взаємозамінності, похибка замикаючих ланок на партії готових виробів буде більшою, ніж при складанні деталей з нерозширеними допусками. При цьому з'являється ймовірність одержання в незначній групі виробів, похибки замикаючої ланки, що виходить за межі заданого допуску $\delta_{зам}$. Величина можливих відхилень у виробів не перевищує 0,5% і такі прилади можна налагодити додатковим перебиранням елементів. Витрати на таку додаткову операцію будуть незначними і набагато меншими від одержаної економії від спрощення процесу виготовлення деталей за рахунок розширення на них допусків.

Метод групової взаємозамінності:

При вимогах дуже високої точності складання елементів приладів в серійному і багатосерійному виробництвах, у випадках малого числа ланок розмірного ланцюга, застосовують групову взаємозамінність, груповий підбір або селективну збірку.

Сутність такого методу полягає в тому, що з метою зниження трудомісткості виготовлення деталей з високими вимогами щодо точності зборки, допуск на їх виготовлення збільшують у кілька разів до економічно доцільного, а необхідна висока точність складання забезпечується за рахунок сортування деталей по дійсних розмірах на відповідні за необхідної точності складання групи.

Але застосування цього методу накладає на виробництво ряд особливостей. Так селективне складання можна застосовувати тільки в

серійному і багатосерійному виробництві. При малих серіях важко забезпечити необхідну кількість складених пар у кожній групі.

Іншим недоліком такого складання слід вважати необхідність проведення додаткових робіт з сортування.

Метод взаємозамінності із застосуванням регулювання:

Сутність даного методу полягає в тому, що всі розміри деталей, що входять в розмірний ланцюг, виготовляються з розширеними допусками, а необхідна точність замикаючої у ланки досягається на складанні за рахунок регулювання і зміни величини одного з намічених розмірів. Деталь, за рахунок якої змінюють розмір, називають компенсатором.

Плавне регулювання лінійних розмірів зазвичай проводиться гвинтовими парами. Такий компенсатор називається рухомим. Такий метод регулювання застосовується для установки кернових опор в цапфи або підшипники, установки стрілки приладу на нульове позначення і т.д.

При *ступінчастому* регулювання застосовуються спеціальні засоби типу рейки, шестерні, планки з отворами і т.д., коли перенесенням фіксатора можна отримати зміни розміру замикаючої ланки. Часто для цих цілей застосовують установку прокладок або регулювальних шайб. Компенсуючу ланку-прокладку при цьому називають нерухомим компенсатором. Точність регулювання ступінчаста дещо менше, ніж з плавним компенсатором, але дає більш жорсткий вихідний параметр, трудомісткість регулювання при цьому менше, ніж плавна настройка.

Переваги методу взаємозамінності з регулюванням наступні:

1. Можливість отримання дуже високої точності вихідного параметра при малій точності виготовлення збірних деталей.
2. Можливість періодичної піднастройки вихідного параметру в період експлуатації.

До числа недоліків можна віднести:

1. Ускладнення конструкції приладу внаслідок введення додаткових регулюючих ланок – компенсаторів.

2. Значно зростає складність складальних операцій, що збільшує вимоги до кваліфікації робітників.
3. При цьому методі виходить не висока жорсткість замикаючої ланки.

Даний метод застосовують в основному у малосерійному, одиничному виробництві при довгих (багатоланкових) розмірних ланцюгах.

Метод пригонки, доробки. Взаємозамінність із застосуванням пригонки «за місцем» або доопрацювання окремих розмірів розмірного ланцюга для отримання заданої точності складального вузла застосовується в тих випадках, коли іншими методами таке забезпечення точності недоцільно.

Сутність цього методу полягає в тому, що всі, або більшість, розмірів деталей, що входять в розмірний ланцюг, виготовляються з вільними допусками, а необхідна точність замикаючої ланки досягається за рахунок виготовлення (пригонка) «за місцем» при складанні однієї з ланок. Така ланка розмірного ланцюга вибирається з умови простоти та доступності обробки прямо при складанні і називається компенсуючою. Зазвичай такою операцією є процес штіфтування, будь-якого вузла або окремої деталі, після вивірки і точної установки необхідної замикаючої ланки.

Перевага цього методу в тому, що він забезпечує найвищу точність збирання при низькій собівартості виготовлення складових ланок через їх низьку точність. Цей метод забезпечує також високу жорсткість збирання, замикаючої ланки.

До числа недоліків можна віднести те, що даний метод самий трудомісткий на складанні, вимагає застосування висококваліфікованої праці, через що він найдорожчий за вартістю.

5.2.2 Забезпечення фізичного взаємозамінності

У приладобудуванні велике значення має забезпечення фізичної взаємозамінності елементів, оскільки сучасні прилади містять у собі безліч

всіляких перетворювальних пристроїв, що працюють на основі різних фізичних параметрів. Забезпечити фізичну взаємозамінність будь-якого вузла або деталі приладу - це означає витримати певну необхідну величину будь-якого вихідного фізичного параметра в заданих межах всієї партії приладів, що збираються. У той же час всі ці вихідні фізичні параметри елементів приладів у свою чергу виходять похідними від цілого ряду первинних параметрів і характеристик, з якими вони знаходяться в певній функціональній залежності. Тому таку взаємозамінність називають часто ще функціональною.

Забезпечення такої взаємозамінності ґрунтується на визначенні всіх первинних факторів і характеристик, від яких залежить даний вихідний фізичний параметр і встановлення функціональної залежності, в якій вони між собою знаходяться. Таким чином знаходиться передаточна функція або рівняння зв'язку, що встановлює ступінь впливу кожного первинного фактору $q_1, q_2, q_3 \dots q_n$ на необхідний вихідний параметр.

Тоді розрахункова або номінальна величина фізичного параметра в загальному вигляді набуде вигляду:

$$Q_0 = \varphi_0(q_1; q_2 \dots q_n) = \varphi_0(q_i)$$

де n - число первинних визначальних параметрів.

Через наявність виробничих похибок дійсні величини як первинних, так і вихідного параметрів будуть відрізнятися від розрахункових. Знаючи величину таких первинних похибок відповідно по кожному фактору $\Delta q_1; \Delta q_2 \dots \Delta q_n$, можна уявити реальну залежність у вигляді:

$$Q = \varphi(q_1 + \Delta q_1; q_2 + \Delta q_2; \dots; q_n + \Delta q_n)$$

де $Q = Q_0 + \Delta Q$, а ΔQ - є величина відхилення вихідного параметра, або його похибка. Для знаходження даної похибки розкладемо праву частину в функціональний степеневий ряд Тейлора для ряду незалежних змінних, як найбільш повно відображає функціональний зв'язок між наявними величинами. При цьому обмежимося тільки тими членами, які містять похибка в нульовій і першій ступені, тому що відносні члени даного ряду

містять похибки у вигляді їх добутку $\Delta q_1 \Delta q_2$ або $\Delta q_1, \Delta q_2, \Delta q_3$ і т.д., тобто величини другого і більшого порядку, дають настільки мали величини, що ними можна знехтувати.

Окремі похідні в цьому виразі $\partial \varphi_0(q_i) / \partial q_i$ - є коефіцієнтами впливу або своїми власними передаточними функціями кожного первинного фактора на вихідний параметр і визначають пропорційність зміни вихідної величини від величини похибки кожного параметра.

5.3. Організаційні форми складання

Організаційні форми та види складання можуть бути представленні в вигляді *потокowego* і *непотокowego* складання.

Особливістю потокової форми складання є безперервний або періодичний рух складаємих об'єктів або робітників складальників з певним тактом. Складання, що виконується без виконання вищевказаної вимоги відноситься до непотокового виду.

Об'єкт складання може знаходитись на одному місці або переміщуватися безперервно або періодично впродовж всього процесу складання. В першому випадку складання називають *стаціонарним*, а в другому – *рухомим*.

Стаціонарне складання відрізняється від рухомого можливістю незмінності положення базуючої деталі об'єкту складання впродовж всього процесу складання виключаючи цим вплив пружних деформацій через недостатньо жорсткість базуючої деталі.

Найбільш старою формою складання є *непотокowe стаціонарне* складання. Вона характеризується тим що об'єкт складання знаходиться на одному робочому місці впродовж всього процесу складання. Комплектуючі складальні одиниці та деталі подаються на робоче місце складання. Робітники або бригада робітників приходять на робоче місце до об'єкту складання і проводять його складання.

Виконання всього складального процесу однією бригадою робітників на одному робочому місці скорочує можливості суміщення в часі переходів складального процесу. Це пояснюється відсутністю можливості розмістити велику кількість робітників у одного об'єкту складання так щоб вони не заважали один одному.

Внаслідок цього значна кількість переходів необхідно виконувати послідовно. В результаті чого цикл складання подовжується.

Непотокове стаціонарне складання економічно доцільно використовувати при виробництві виробів, що випускаються одиницями або в малій кількості.

При збільшенні програми випуску з'являється можливість переходу до більш економічної форми організації складання – до *непотокового рухомого* складання. Особливістю непотокового рухомого складання є наявність транспортних пристроїв, що використовуються для переміщення об'єктів складання від одного робочого місця до іншого. Виконання окремих складальних операцій виконується на окремих робочих місцях, що розміщені біля транспортного пристрою або безпосередньо на ньому. Закінчивши виконання всіх переходів операції робітник переміщує об'єкт складання в напрямку наступного робочого місця.

Фактична тривалість виконання кожної операції складального процесу при непотоковому рухомому складанні нестабільна та залежить від кваліфікації та інтенсивності праці робітника, від кількості складаємих деталей та складальних одиниць. Для компенсації такої розбіжності між робочими місцями створюються невеликі міжопераційні запаси об'єктів складання. Це зменшує можливі простої.

Потоковий метод складання визначається програмою випуску, а також видом виробництва.

В *одиночному* виробництві складання виконується робітником або бригадою робітників від початку до кінця.

В *серійному* виробництві процес складання диференціюється, що

дозволяє використовувати працю робітників з урахуванням виду роботи. Крім цього складання розділяється на складання складальних одиниць і загальне складання виробу.

В *масовому* виробництві застосовується потоковий метод складання за максимальною диференціацією технології на окремі елементи і детальна розробка і контроль кожного з них.

Вибір поточного чи непоточного виробництва проводять виходячи з наступних показників:

1. за коефіцієнтом, що представляє відношення кількості детале-операцій до загальної кількості робочих місць. Він визначається за формулою:

$$K_1 = \frac{n_{\partial o}}{n_{pm}},$$

де $n_{\partial o}$ - кількість детале-операцій, що визначається як сума добутків кількості об'єктів складання на кількість операцій, n_{pm} - кількість робочих місць.

Кількість робочих місць розраховується за наступним виразом:

$$n_{pm} = \frac{N \cdot T_n}{\Phi},$$

де N – програма випуску, шт.; T_n – трудомісткість одного виробу в людино-годинах; Φ – фонд часу одного виробника, год.

2. за коефіцієнтом, що представляє собою відношенням середньої норми часу процесу до ритму випуску. Він визначається за наступною формулою:

$$K_2 = \frac{t_c}{T},$$

де t_c – середня норма часу операції, вона приблизно дорівнює нормі часу більшості технологічних операцій; T – ритм (такт) складання, хв.

Ритм випуску визначається як:

$$T = \frac{T_{nl}}{N},$$

де T_{nl} - фонд часу, хв.

Якщо перший коефіцієнт близький до одиниці, то можлива організація потокового виробництва.

Якщо другий коефіцієнт більший одиниці або близький до неї, то можлива організація однопредметної потокової лінії.

Багатопредметні потокові лінії можуть бути організовані при K_1 приблизно рівному число найменувань об'єктів складання або якщо K_2 помножене на число об'єктів складання близьке до одиниці.

Однією з форм потокового складання, що потребує найменших затрат на її організацію, є *стаціонарне* складання, при якому всі об'єкти складання залишаються на робочих місцях впродовж всього процесу їх складання. Всі робітники за сигналом одночасно переходять від одних об'єктів складання до наступних через періоди часу, що дорівнюють такту.

Кожний робітник (або бригада) виконують закріплену за ним одну і ту ж операцію над кожним із об'єктів складання.

Потокова стаціонарна форма складання застосовується при серійному виготовленні типових виробів.

Потокове рухоме складання економічно вигідне при випуску виробів в великій кількості. Застосовується рухоме потокове складання з *безперервним* або *періодичним* переміщенням об'єктів складання. Для переміщення об'єктів складання застосовують стрічкові, ланцюгові, штангові та рамні конвеєри.

Стрічкові конвеєри використовуються при складанні виробів невеликих габаритів і маси.

Ланцюгові конвеєри використовують один-два паралельні ланцюги, які переміщують за спеціальними направляючими об'єкт складання або спеціальні платформи, на яких встановлюють об'єкти складання. Ланцюгові конвеєри можуть бути *підлогові* або *підвісні*.

Потокове складання дозволяє скласти вироби з максимальною продуктивністю з потрібним тактом, дозволяє максимально сумістити час складання і перерв. Проте потребує значних затрат на виготовлення та встановлення конвеєрів та іншого обладнання.

5.4. Технологія електромонтажних робіт

Складання будь-якого приладу пов'язано з певним об'ємом електромонтажних робіт. Об'єм цих робіт залежить від складності електричної схеми приладу та виду виробництва. Для одиничного і серійного виробництва він складає 40-80%, а для масового – 30% загальної трудомісткості виготовлення приладу.

Розрізняють два види монтажу: об'ємний і друкований.

Об'ємний монтаж є з'єднанням окремих радіоелементів за допомогою струмопровідника у вигляді проводу. Установка радіоелементів в блоці і з'єднання між ними виконується в тривимірному просторі (об'ємі). Звідси виходить і поняття «об'ємний».

Друкований електромонтаж є отриманням принципової провідникової схеми у вигляді плоского малюнка на платі з діелектрика друкарськими методами. Це більш контактний, міцніший і менш трудомісткий монтаж, ніж об'ємний і знаходить ширше вживання в приладобудуванні. Проте він не може повністю замінити об'ємний, який має ряд переваг, як велика універсальність монтажу, можливість швидкого перекомпонування, простоті проведення робіт і використовуваного оснащення, більшій дистанційності, можливість передачі великих струмів, легкість екранування дротів при передачі струмів високої частоти.

До електромонтажу висуваються наступні основні вимоги:

- електромонтаж повинен забезпечувати належну роботу приладу в умовах механічних і кліматичних дій, обумовлених технічними вимогами;
- електроміцність і електроопір ізоляції монтажу повинні задовольняти

вимогам нормативної документації;

- електромонтаж ідентичної апаратури має бути однаковим по всіх елементах.

Об'ємний електромонтаж:

Процес монтажу електроз'єднань передбачає наступні види робіт:

- а. підготовка проводу до монтажу, тобто правку, порізку, зняття ізоляції, лудіння кінців проводу, паяння, згинання по шаблонах і складання джгутів;
- б. монтаж проводів – кріплення монтажних проводів до виводів деталей, з'єднання монтажних проводів до виводів деталей, з'єднання монтажних проводів один з одним, паяння і зварювання;
- в. перевірку правильності монтажу;
- г. випробування ізоляції монтажних проводів.

Друкований монтаж:

Сутність друкованого монтажу в тому, що вся провідникова схема отримується одночасно у вигляді малюнка із струмопровідного матеріалу на поверхні плати з діелектрика. Це сприяє зменшенню габаритних розмірів і ваги монтажу, підвищенню міцності і надійності з'єднань, особливо при динамічних навантаженнях приладу, значно збільшує продуктивність праці при монтажі, дає можливість автоматизувати цю роботу.

Технічний процес такого монтажу включає наступні основні етапи:

1. Трасування сполучної схеми на шаблоні.
2. Виготовлення фотошаблонів або шаблонів-масок.
3. Виготовлення плат-основ з діелектрика.
4. Отримання на платі малюнків схеми фарбою.
5. Отримання схеми металопродвідників.
6. Свердління отворів під електроелементи.
7. Металізація ділянок плат і отворів.
8. Набивання плат елементами і обробка їх кінців.

9. Паяння плати.
10. Контроль, зачистка і регулювання.
11. Покриття друкованих плат.

В даний час застосовується два основні методи отримання друкованих плат: субтрактивний і адитивний.

Субтрактивний метод полягає у вибіркового видаленні металевої фольги з незахищених фарбою місць. Він застосовується до заздалегідь фольгованих плат.

Адитивний метод полягає у вибіркового нанесенні схеми з металу на плату і застосовується до нефольгованих плат.

При субтрактивном методі шаблони представляють позитиви схеми, а при адитивному – негативи, тобто зворотне зображення. Шаблони можуть бути або фотографічними плівками, або малюнками на сітці, або кліше з металу.

Для плат з діелектрика застосовується зазвичай гетинакс або склотекстоліт, що володіє підвищеною міцністю. Плати вирубають на штампах, вирізують з листів або пресують у формах по необхідним розмірам. При цьому плати можуть виготовлятися нефольгованими або фольгованими.

Рисунки виконують аніліновою фарбою у вигляді позитиву або негативу схеми на платах отримують такими основними методами: фотохімічним, сіткографічним і офсетним.

Методи отримання схеми металопровідників:

1. травлення,
2. осадження,
3. перенесення.

Після отримання металевої схеми плати промиваються і в них свердяться отвори для елементів (резисторів, транзисторів, ємкостей тощо). Після лудіння плати набиваються цими елементами вручну або автоматично, оброблюються їх кінці і виконується загальне пропаювання

плати або паяльником (у малосерійному виробництві), або хвилею розплавленого припою ПОС-61 на машинах хвилевого паяння. Потім виконується контроль отриманих блоків, їх зачистка, регулювання і налаштування.

5.5. Випробування приладів

Випробування – це перевірка виробу на відповідність до вимоги конструкторської документації при різноманітних можливих умовах експлуатації і режимах роботи. Випробування проводять в процесі створення нових зразків приладів (конструкторські випробування), при їх виробництві (виробничі випробування) та експлуатації.

Відмова на випробуваннях (схід з випробувань) - основний критерій оцінки працездатності та справності виробу під час проведення випробувань. Відмова може з'явитись у відхиленні роботи приладу за межі допустимих норм з однієї або з декількох характеристик. Інтенсивність відмов у кожного виду приладів показує на досконалість конструкції, якість процесу виготовлення, можливості виробу.

Режими випробувань:

Режими випробувань - це задані технічними умовами на виріб певні за величиною та часом різні навантаження системи живлення та зовнішні збуджуючі фактори. На виробництві зустрічаються три види режимів випробувань:

1. Нормальні.
2. М'які.
3. Жорсткі.

Натурними називаються випробування виробів за екстремальних умов експлуатації безпосередньо на працюючих об'єктах з одержанням найефективніших даних про надійність системи. Натурні умови часто імітуються на виробництві в лабораторних умовах і поділяються на такі:

1. Стаціонарні умови.
2. Польові умови.
3. Особливі умови.

Конструкторські випробування:

Під час проектно-конструкторського етапу в процесі створення нових приладів розробник виконує певні випробування.

1. Попередні конструкторські випробування макета. Виконуються безпосередньо самими розробниками в лабораторних умовах. Мета таких випробувань – перевірити придатність закладених у конструкцію-схему нових методів та ідей, дослідити можливості нової системи щодо надійності роботи, точності та стабільності показів відповідно до технічних завдань (ТЗ) на новий прилад.

2. Конструкторські випробування дослідного зразка. Виконуються розробниками в лабораторних умовах на першій партії дослідних зразків приладів. Основна мета таких випробувань – перевірити прилади на відповідність ТЗ на виріб, виявлення найслабших вузлів нової конструкції для подальшого доопрацювання та забезпечення певної гарантії працездатності, відпрацювання основної методики та програми майбутніх випробувань, які закладають у створювані технічні умови на виріб.

3. Державні випробування дослідної партії. Для офіційної апробації нового приладу, отримання на нього сертифікату, його реєстрації в каталог переліку даного класу приладів і передачі конструкції у виробництво. Мета державних випробувань – встановити відповідність усіх показників нового приладу ТЗ, придатність даного виробу для експлуатації на бажаних об'єктах за заданих умов, надійність і точність роботи та відповідність його характеристик прийнятним нормам і стандартам. Оцінюють техніко-економічні показники виробу, технологічність його конструкції.

Виробничі випробування:

У процесі програмного випуску приладів на виробництві виконують

такі випробування:

1. *Попередні - перевірочні.* Виконують після попереднього складання приладів або окремих їх функціональних вузлів у лабораторних умовах робітниками-складальниками за певною методикою, зумовленою в технічних умовах на кожний виріб.

2. *Повторні контрольно-приймальні.* Виконуються після подання цехом-виготовлювачем готової продукції контрольними службами за повною програмою контрольних випробувань. Мета цих випробувань – перевірка надійності та точності роботи пристроїв відповідно до технічних умов та конструкторської документації.

3. *Контрольно-задавальні.* Якщо приладобудівне підприємство виконує довготривале замовлення певного відомства або держзамовлення на постачання продукції іншим державним організаціям уводять додатковий контроль придатності виробів службами держприймання або самого замовника у вигляді контрольно-здавальних випробувань. Вони виконуються у присутності представників відділу технічного контролю (ВТК) за програмою контрольно-комплексних випробувань для прискорення перевірки. Мета таких випробувань – остаточна перевірка виробів із підвищенням гарантії якості особливо важливих приладів незалежною від підприємства службою. Такий контроль виконується часто вибірково, але іноді повністю для всіх без винятку виробів. При цьому, якщо хоча б один прилад із усієї партії виробів, яку здає служба ВТК, зійде з випробувань, тобто матиме неприпустимі відхилення в роботі, то вся подана продукція повертається назад для доробки.

4. *Типові.* Це контрольно-перевірні випробування разового характеру, що виконуються один-три рази на рік вибірково державними службами приймання, службою держстандартів і мір або службами замовника. Мета таких випробувань – встановити відповідність виробів, які випускаються, вимогам технічного завдання і технічних умов на прилади, дотримання виробництвом встановлених нормалей і стандартів, перевірка атестації

придатності застосованої контрольно-виміральної апаратури та зразкових приладів за всім технологічним циклом виготовлення виробів. Додатково перевіряються вся технологічна та конструкторська документація та придатність застосованих матеріалів для виготовлення приладів, організація процесу перевірок та випробувань на виробництві.

Для проведення основних типів випробувань вибирають кілька приладів із поточної партії, які мають найгірші показники з попередніх перевірок та випробувань. На контрольно–випробовувальній стадії ці прилади піддають контрольним випробуванням за повною програмою і звичайно до остаточного вироблення ресурсу за використання жорстких режимів навантажень, що дає змогу оцінити надійність виробів.

Усі знайдені на виробництві відхилення, порушення технологічної дисципліни та збоїв роботи приладів, які перевіряють, актують і передають підприємству для термінового усунення та вживання відповідних заходів для того, щоб не допускати їх в подальшому. За рахунок порушень у виробництві та поганій якості виробів уся продукція піддається арешту, а виробництво зупиняється до проведення відповідних заходів щодо наведення порядку.

5. Випробування на довговічність. Виконуються періодично згідно з технічними умовами на даний вибір служби ВТК або замовника. Мета цих випробувань – перевірити працездатність виробу на повний заданий ресурс і виявити найслабші ланки в системі приладу. Для цього вибирають один-два прилади з тих, які прийнято до відправлення, показники яких за перевітками, проведеними раніше, найнижчі. Ці прилади піддають прискореним видам випробувань за програмою контрольних випробувань і з застосуванням, іноді, жорстких режимів, до останнього вироблення встановленого ресурсу в годинах або повної відмови. При цьому реєструється точність та тривалість роботи. Після проведення випробувань прилади відправляють на розбирання для виявлення причини відмови та ступеня спрацювання механізмів. На базі таких випробувань

відпрацьовують новий гарантійний термін служби доопрацьованих виробів, змінюють конструкцію тощо.

Способи проведення випробувань:

Спосіб проведення випробувань визначається послідовністю їх виконання. Їх поділяють на *послідовний*, *комплексний* та *комбінований*.

Послідовний спосіб передбачає випробування при роздільному впливу зовнішніх механічних та кліматичних факторів.

Комплексний спосіб передбачає випробування при одночасному впливу на прилад декількох зовнішніх факторів.

Комбінований спосіб передбачає проведення випробувань в декілька стадій. Спочатку проводять випробування з одночасним впливом декількох факторів, а потім проводять послідовні випробування для виявлення конкретних причин відмов.

Зміст і методика проведення випробувань:

Всі види випробувань за змістом поділяються на *загальні* і *спеціальні*.

Загальні характеризуються однаковою методикою їх проведення і однаковим застосованим обладнанням. Різними можуть бути лише режими випробувань. До цих випробувань відносяться більшість електричних, механічних і кліматичних випробувань.

Спеціальні випробування відрізняються особливостями перевіряємих параметрів, що характерні для конкретних конструкцій приладів. Відповідно з цим змінюється методика проведення, обладнання і режими випробувань.

Загальні випробування:

Електричні випробування:

1. Перевірка *омічного опору обмоток*.
2. Вимірювання *опору ізоляції*.
3. *Електрична міцність ізоляції*.
4. Визначення *температури нагріву обмоток*.

Механічні випробування:

1. Випробування при *вібрації*. розрізняють випробування на *вібросталість* та *вібростійкість*.
2. Випробування на *дію ударних прискорень*. Випробування зазвичай проводять на *ударну міцність*, але можуть проводитись випробування і на *ударну стійкість* при працюючому приладі.
3. Випробування на *транспортування*.
4. Випробування на *лінійні перевантаження*.

Кліматичні випробування:

1. Випробування за *пониженої температури*.
2. Випробування на *холодосталість*.
3. Випробування на *холодостійкість*.
4. Випробування при *підвищеній температурі*. Розрізняють випробування на *термосталість* та на *термостійкість*.
5. Випробування при *підвищеній вологості*. Розрізняють випробування на *вологосталість* та на *вологостійкість*.
6. Випробування при *пониженому тиску*. Випробування можуть проводитись при підвищеній температурі або при пониженій.
7. *Комплексні кліматичні*.

Контрольні питання до розділу:

1. Технологічність складальної одиниці. Основні та допоміжні показники технологічності.
2. Методи забезпечення розмірної точності при складанні.
3. Розмірний ланцюг. Його властивості.
4. Метод повної взаємозамінності. Методи розрахунку прямої та оберненої задачі.
5. Метод неповної взаємозамінності.
6. Метод забезпечення точності підбором.
7. Метод забезпечення точності із застосуванням регулювання.

8. Метод забезпечення точності із застосуванням доопрацювання.
9. Забезпечення фізичної точності при складанні.
10. організаційні форми складання.
11. Технологія електромонтажних робіт в приладобудуванні.
12. Види електромонтажу. Вимоги, що до нього висуваються.
13. Об'ємний електромонтаж.
14. Друкований електромонтаж.
15. Випробування приладів. Види випробувань.
16. Способи, зміст та методика проведення випробувань.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гаврилов А.Н. Основы технологии приборостроения [Текст]: Підручник / Гаврилов А.Н. // – Москва: Высшая школа, 1976.-328с.
2. Гаврилов А.Н. и др. Автоматизация производства в приборостроении [Текст]: Підручник / Гаврилов А.Н. и др. // – Москва: Высшая школа, 1972.-240с.
3. Левин И.Я. Справочник конструктора точных приборов [Текст]: Довідник / Левин И.Я. // – Москва: Машиностроение, 1964.-235с.
4. Остафьев В.А., Румбешта В.А., и др. Основы технологической подготовки производства [Текст]: Підручник / Остафьев В.А., Румбешта В.А., и др. // – Москва: Высшая школа, 1977.-200с.
5. Приборостроение и средства автоматики т.3. кн.1. [Текст]: Довідник / Под. ред. Гаврилова А.Н. // – Москва: Машиностроение, 1967.-320с.
6. Сыроватченко П.В., и др. Справочник технолога – приборостроителя [Текст]: Довідник / Сыроватченко П.В. и др. // – Москва: Машиностроение, 1980.-607с.
7. Ачкасов Н.А, Терган В.С., Козлов В.И. Технология точного приборостроения [Текст]: Підручник / Ачкасов Н.А, Терган В.С., Козлов В.И. // – Москва: Высшая школа, 1981.-336с.
8. Идельсон М.И., Бойцов И.А., Иванова М.В. Технология оптико-механического приборостроения [Текст]: Підручник / Идельсон М.И., Бойцов И.А., Иванова М.В. // – Ленинград: Машиностроение, 1981.-184с.
9. Остафьев В.А., Держук В.А., Румбешта В.А., и др. Технологические процессы изготовления приборов [Текст]: Підручник / Остафьев В.А., Держук В.А., Румбешта В.А., и др. // – Киев: Высшая школа, 1983.-208с.
10. Лаврищев А.П. Технология тонкослойных покрытий [Текст]: Підручник / Лаврищев А.П. // – Москва: Машиностроение, 1983.-184с.

11. Румбешта В. О. Основы технологии складання приладів [Текст]: Підручник / В. О. Румбешта // – Київ: Інститут системних досліджень освіти України, 1993. – 301 с.
12. Скороходов Е.А. Справочник технолога-приборостроителя. В 2-х т. [Текст]: Довідник / Скороходов Е.А. // – Москва: Машиностроение, 1980.-463с.
13. Малов А.Н. Технология материалов в приборостроении [Текст]: Підручник / Малов А.Н. // – Москва: Машиностроение, 1969.-431с.
14. Артамонов Б.А. Электрофизические и электрохимические методы обработки материалов. [Текст]: Навчальний посібник / Артамонов Б.А. // – Москва: Высшая школа, 1983.-398с.
15. Митрофанов С.П., Гаврилов А.Н. Современная технология в приборостроении [Текст]: Підручник / Митрофанов С.П., Гаврилов А.Н. // – Москва: Знание, 1972.-530с.
16. Маслов А.Н. Обработка деталей оптических приборов [Текст]: Підручник / Маслов А.Н // – Москва: Машиностроение, 1976.-304с.
17. Идельсон М.И. Технология оптико-механического приборостроения [Текст]: Підручник / Идельсон М.И. // – Ленинград: Машиностроение, 1981.-278с.
18. Долгушев Ю.И. Технология приборостроения [Текст]: Підручник / Долгушев Ю.И. // – Москва: Машиностроение, 1978.-160с.
19. Асс Б.А. Сборка, регулирование и испытания приборов [Текст]: Підручник / Асс Б.А. // – Москва: Машиностроение, 1969.-314с.
20. Буловский П.И. Основы сборки приборов [Текст]: Підручник / Буловский П.И. // – Москва: Машиностроение, 1970.-200с.
21. Электрофизические и электрохимические методы обработки материалов [Текст]: Підручник / Смоленцева В.П. и др.. // – Москва: Высшая школа, 1983.-427с.
22. Усачов П.А., Шевченко В.В. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з курсу «Технологія приладобудування» [Текст]:

- Методичні вказівки / Усачов П.А., Шевченко В.В. // – Київ: НТУУ «КПІ», 2005. – 43с.
23. Усачов П.А., Шевченко В.В. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з курсу «Технологія приладобудування» [Текст]: Методичні вказівки / Усачов П.А., Шевченко В.В. // – Київ: НТУУ «КПІ», 2006.-26с.
24. Гличев А.В., Круглов М.И. Управление качеством продукции [Текст]: Навчальний посібник / Гличев А.В., Круглов М.И. // – Москва: Экономика, 1979.-230с.
25. Воскобойников В. Новые подходы к управлению качеством продукции [Текст]: Стаття / Воскобойников В. // – Москва: Экономика и жизнь, 1999, №50-15с.:
26. Беленький П.Е. Планово-экономическое регулирование качества [Текст]: Підручник / Беленький П.Е. // – Київ: Наукова думка, 1985.-100с.
27. Гончарова Н.П., Солонинко К.С. Качество продукции: пути повышения [Текст]: Монографія / Гончарова Н.П., Солонинко К.С. // – Київ: Вища школа, 1987.-70с.
28. Кодратьев Н.В., Родионов Е.К. Автоматизация управления качеством продукции на предприятии [Текст]: Підручник / Кодратьев Н.В., Родионов Е.К. // – Ленинград: Машиностроение, 1980.-208с.
29. Охремчук Л.Н. Совершенствование контроля качества продукции [Текст]: Навчальний посібник / Охремчук Л.Н. // – Київ: Вища школа, 1987.-48с.
30. Румбешта В.А., Держук В.А., Усачов П.А. Методические указания по изучению курса «Технология приборостроения». Раздел «Технологические процессы сборки приборов» для студентов приборостроительных специальностей [Текст]: Методичні вказівки / Румбешта В.А., Держук В.А., Усачов П.А. // – Киев: КПИ, 1984. – 60 с.