

Міністерство освіти і науки України
Державний університет «Одеська політехніка»
Інститут промислових технологій, дизайну та менеджменту
Кафедра технології машинобудування

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ
з дисципліни
**«КОМП'ЮТЕРНЕ ПРОЕКТУВАННЯ ІННОВАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ»**

Конспект лекцій з дисципліни «Комп'ютерне проектування інноваційних технологічних процесів» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 131 Прикладна механіка / Укладач Г.В. Баланюк – Одеса: Національний університет «Одеська політехніка», 2021 – 50 с.

*Затверджено на засіданні кафедри технології машинобудування
Протокол № 1 від 30.08.2021*

ЗМІСТ

ЗМІСТ	3
Вступ	5
ЛЕКЦІЯ 1. Вступ	7
1.1. Місце машинобудування в народному господарстві.....	7
1.2. Завдання дисципліни.....	7
1.3. Технологія машинобудування (ТМ) – як наука.	8
Питання для самоперевірки.....	8
ЛЕКЦІЯ 2. Виробничий та технологічний процеси	9
2.1. Поняття виробничого процесу і технологічної підготовки виробництва.....	9
2.2. Типи виробництва, їх характеристика.....	11
Питання для самоперевірки.....	12
ЛЕКЦІЯ 3. Форми та методи організації виробництва	13
3.1. Групова та потокова форми виробництва	13
3.2. Однономенклатурна та багатноменклатурна потокова лінія	13
Питання для самоперевірки.....	15
ЛЕКЦІЯ 4. Проектування технологічних процесів механічної обробки заготовок деталей машин	15
4.1. Види технологічних процесі.....	15
4.2. Мета і основні етапи проектування технологічних процесів механічної обробки.....	16
4.3. Порядок проектування технологічних процесів.	17
4.4. Принципи побудови операцій механічної обробки.	18
Питання для самоперевірки.....	20
ЛЕКЦІЯ 5. Точність обробки та якість поверхні. Поняття про технологічність конструкції виробів.....	20
5.1. Поняття про точність розмірів і форми.....	20
5.2. Фактори, що впливають на точність обробки.....	21
5.3. Поняття про якість поверхонь.	22
5.4. Фактори, що впливають на якість оброблюваної поверхні	22
5.5. Поняття про технологічність конструкції виробів.....	23
Питання для самоперевірки.....	23
ЛЕКЦІЯ 6. Проектування технологічних процесів обробки деталей.....	24
6.1. Вибір та обґрунтування матеріалу деталі. Призначення термічної обробки.....	24
6.2. Вибір методу виготовлення заготовок	24
6.3. Вибір установлюваних баз і складання маршруту обробки деталей	25
Питання для самоперевірки.....	26
ЛЕКЦІЯ 7. Визначення припусків на обробку та розмірів заготовки. Методи визначення припусків.....	26
7.1. Припуски на механічну обробку	26

7.2. Методи визначення припусків	27
7.3. Визначення припусків на обробку та розмірів заготовки.....	27
Питання для самоперевірки.....	28
ЛЕКЦІЯ 8. Проектування технологічних процесів обробки деталей (продовження).....	28
8.1. Вибір обладнання (верстатів)	28
8.2. Вибір різальних інструментів	29
8.3. Вибір пристроїв	30
8.4. Вибір методів і засобів технічного контролю якості деталей	31
Питання для самоперевірки.....	32
ЛЕКЦІЯ 9. Встановлення режимів обробки	32
9.1. Визначення глибини різання.	32
9.2. Призначення подачі.	33
9.3. Визначення швидкості різання та частоти обертання шпинделя.	33
9.4. Визначення потужності різання.	34
9.5. Визначення основного машинного часу (часу виконання робочих ходів)	34
Питання для самоперевірки.....	35
ЛЕКЦІЯ 10. Норма часу та її структура.....	35
10.1. Зміст і завдання нормування праці.	35
10.2. Структура технічної норми часу.....	36
Питання для самоперевірки.....	37
ЛЕКЦІЯ 11. Технологія обробки ступінчастих валів.	37
11.1. Службове призначення валів	37
11.2. Класифікація ступінчастих валів	38
11.3. Матеріали та способи отримання заготовок для ступінчастих валів	38
11. 4. Технологія обробки ступеневих валів	38
Питання для самоперевірки.....	39
ЛЕКЦІЯ 12. Технологія обробки ступінчастих валів.	39
12.1. Токарна обробка ступінчастих валів.	39
12.2. Обробка шпонкових канавок на ступінчастих валах	40
12.3. Обробка шліців на ступінчастих валах	40
12.4. Нарізаня різьби на валах	41
12.5. Методи нарізаня черв'яків, циліндричних та конічних зубів валів-шестерень.....	41
12.6. Шліфування шийок, торців валів та шліців	41
Питання для самоперевірки.....	42
ЛЕКЦІЯ 13. Технологія виробництва деталей класу «Диски»	42
13.1. Загальні відомості.	43
13.2. Чорнова і чистова обробка.....	43
13.3. Оздоблювальна обробка.....	44

Питання для самоперевірки.....	44
ЛЕКЦІЯ 14. Технологія виготовлення деталей класу «Зубчаті колеса»	44
14.1. Службове призначення, конструктивні різновиди і технічні умови на виготовлення	44
14.2. Матеріали і способи одержання заготовок.....	45
14.3. Основні етапи обробки зубчастих коліс	46
Питання для самоперевірки.....	47
ЛЕКЦІЯ 15. Технологія виготовлення корпусних деталей	47
15.1. Службове призначення деталей, конструктивні види	47
15.2. Матеріал і заготовки.....	47
15.3. Вибір і обробка базових поверхонь	48
15.4. Варіанти технологічного маршруту.	48
Питання для самоперевірки.....	49
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	50

Вступ

Основні напрямки розвитку технології машинобудування у сучасний період наступні:

- упровадження малоопераційних технологічних процесів, процесів безвідходної та маловідходної, ресурсо і енергозберігаючої технологій;
- удосконалення заготівельного виробництва; воно полягає в тому, щоб наблизити конфігурацію вихідних заготовок до конфігурації готових деталей, підвищити точність виконання вихідних заготовок і тим самим зменшити припуски на обробку і витрати металу;
- удосконалення методів механічної обробки; це, – в першу чергу, заміна однолезового різального інструмента багатолезовим, комбіновані методи обробки, обробка попередньо підігрітих заготовок, застосування надшвидкого різання (4000...2000 м/хв.), застосування високоточної абразивно-алмазно-ельборної обробки важкооброблюваних матеріалів;
- підвищення потужності та продуктивності металорізального обладнання та його автоматизація;
- покращення геометрії та стійкості різального інструменту і поліпшення оброблюваності матеріалу виробу шляхом тимчасової зміни його механічних властивостей (охолодженням чи нагріванням);
- механізація та автоматизація технологічних процесів, застосування адаптивних систем керування технологічними процесами, створення автоматичних ліній, гнучких виробничих систем та ін.;

– застосування САПР.

ЛЕКЦІЯ 1. Вступ

- 1.1. Місце машинобудування.
- 1.2. Завдання дисципліни.
- 1.3. Технологія машинобудування як наука.

1.1. Місце машинобудування в народному господарстві

Серед галузей промисловості провідне місце займає машинобудування. Це визначається тим, що всі процеси в матеріальному виробництві, транспорті, будівництві та сільському господарстві пов'язані з використанням машин різного призначення. Конструкції машин безперервно вдосконалюються згідно з вимогами виробництва та експлуатації, а також на основі впровадження ефективних результатів науково-технічних досліджень, появи нових матеріалів і способів надання їм потрібних форм і властивостей. Створення нових машин, які відповідали б сучасним вимогам, пов'язане з потребою підготовки висококваліфікованих інженерних кадрів машинобудівного профілю, здатних розв'язувати питання розрахунків, конструювання, виробництва та експлуатації виробів високого технічного рівня. Підготовка молодих фахівців у цьому напрямку здійснюється на базі вивчення фундаментальних загальноосвітніх, загальноінженерних і спеціальних дисциплін, серед яких окреме місце займає курс технології машинобудування. Основним завданням цієї наукової дисципліни є розвиток знань, що забезпечують безперервне удосконалення технологічних методів виробництва та підвищення продуктивності праці в машинобудуванні. Напрямок технології машинобудування визначається завданням отримання машин високої якості, які виготовляються при найменшій собівартості, мінімальній витраті матеріалів, організації праці безпечної та полегшеної в максимально можливій мірі. Розробка таких технологічних процесів пов'язана з доцільним вибором і створенням більш досконалого технологічного обладнання, засобів механізації та автоматизації виробництва, приведенням техніко-економічних обґрунтувань та виконанням проектно-конструкторських розробок. Разом з цим ставиться завдання максимального скорочення термінів побудови та впровадження технологічних процесів, у результаті чого прискорюється застосування нової техніки на стадії виготовлення виробів.

Технологія виготовлення виробів є комплексним курсом, в якому викладається теорія побудови та методи розрахунку технологічних процесів машинобудівного виробництва, що включають отримання заготовок, механічну обробку різанням і складання машин і їх елементів, а також вимоги до конструктивного оформлення. Крім того, цей курс розширює кругозір студентів в області технології, розвиває здатність до проведення критичної оцінки діючих процесів, а також прищеплює навички творчого вирішення технічних завдань. У технології машинобудування синтезуються положення теоретичних і прикладних наук щодо вирішення технологічних завдань різного характеру.

1.2. Завдання дисципліни.

Першочерговим завданням перебудови вітчизняної економіки є підвищення продуктивності праці та якості продукції. Досягти цього можна на основі створення та застосування високоефективних технологій виробництва. Розробка і освоєння технологій вимагає відповідної підготовки спеціалістів. Вирішуючи завдання, що виникають при механічній обробці, треба урахувати властивості металевих і неметалевих матеріалів, область їх раціонального використання, конфігурацію та розміри заготовок, якість їх поверхонь, вплив термічної обробки, а також організацію та економіку виробництва. Серед складних завдань, що потребують вирішення при побудові процесів виробництва деталей

машин, слід відзначити: вибір методу виготовлення заготовки, вибір варіанта механічної обробки, обладнання та оснастки, визначення розмірів заготовок та режимів обробки на всіх її стадіях. Вказані вище вимоги відносяться повною мірою до складання виробів різного призначення, яке може здійснюватися з індивідуальною пригонкою спряжених деталей, їх взаємним підбором, з'єднанням по принципу повної взаємозамінюваності і іншими методами. Побудова процесу збирання пов'язана з вирішенням ряду технологічних задач і може бути виконана в кількох різних по трудомісткості та необхідному технологічному оснащенню варіантах. У цілому вивчення технології машинобудування допомагає критично оцінити конструкції з технологічного погляду й створювати вироби, що не викликають труднощів у процесі їх виробництва.

1.3. Технологія машинобудування (ТМ) – як наука.

Технологія машинобудування як наука пройшла у своєму розвитку через декілька етапів. ПЕРШИЙ ЕТАП (до 1929 – 1930 рр.) характеризується накопиченням вітчизняного та зарубіжного виробничого досвіду виготовлення машин. У вітчизняних та зарубіжних технічних журналах, каталогах та брошурах публікуються описи процесів обробки різних деталей, застосованого обладнання та інструментів. Видаються перші керівні та нормативні матеріали відомчих проектних організацій держави.

ДРУГИЙ ЕТАП (1930–1941 рр.) визначається продовженням накопичення виробничого досвіду з проведенням його узагальнення, систематизації та початком розробки загальних наукових принципів побудови технологічних процесів. На цьому етапі відбувалось розмежування технології машинобудування із суміжними дисциплінами. З'явилися самостійні дисципліни: металорізальні верстати, різальний інструмент, вчення про різання металів, організація виробництва, допуски і технічні вимірювання, технологія машинобудування. На відміну від інших дисциплін, в центрі уваги курсу “Технології машинобудування” знаходяться оброблювана деталь. До цього часу необхідно віднести початок формування технології машинобудування як науки у зв'язку з опублікуванням у 1933 – 1935 рр. перших систематизованих наукових праць професорів: Соколовського А.П. “Типізація технологічних процесів”, Каширина А.І. “Основи проектування технологічних процесів”, Кована В.М. “Технологія автотракторобудування”, Яхина А.Б. “Теоретичні основи технології машинобудування”, Балакшина Б.С. “Теорія розмірних ланцюгів”.

ТРЕТІЙ ЕТАП (1941–1970 рр.) відрізняється виключно інтенсивним розвитком технології машинобудування, розробкою нових технологічних ідей і формуванням основ технологічної науки.

ЧЕТВЕРТИЙ ЕТАП починається з 1970 р. Відмінною особливістю сучасного етапу розвитку технології машинобудування є широке використання досягнень фундаментальних та загально-інженерних наук для розв'язання теоретичних проблем і практичних завдань технології машинобудування. Різні розділи математичних наук, теоретичної механіки, фізики, хімії, теорії пластичності, матеріалознавства, кристалографії та багатьох інших наук приймаються за теоретичну основу нових напрямків технології машинобудування або використовуються як апарат для розв'язання практичних технологічних питань, суттєво підвищуючи загальний теоретичний рівень технології машинобудування та її практичні можливості.

Питання для самоперевірки

1. Дайте визначення “Технологія машинобудування” як науки.

2. Складіть коротку історичну довідку про розвиток науки “Технологія машинобудування”.
 3. В чому полягають особливості науки “Технології машинобудування”?
 4. Дайте коротку характеристику складових частин “Технології машинобудування”.
 5. Зазначте основні напрямки розвитку технології машинобудування у сучасний період.
- Література: [1 ст.7-11].

ЛЕКЦІЯ 2. Виробничий та технологічний процеси

- 2.1. Поняття виробничого процесу і технологічної підготовки виробництва.
- 2.2. Структура технологічного процесу і його складові.

2.1. Поняття виробничого процесу і технологічної підготовки виробництва

Виготовлення певного виробу на машинобудівному підприємстві здійснюється в результаті виконання низки цілеспрямованих дій робітників і обладнання.

Таким чином, виробничий процес — це сукупність всіх дій людей і знарядь виробництва, необхідних на підприємстві для виготовлення певного виробу. Згідно з цим означенням кількість виробничих процесів на певному підприємстві дорівнює кількості виробів, які на цьому підприємстві виготовляються.

Виробничий процес виготовлення машини охоплює виробництво заготовок деталей, їх обробку (механічну, термічну, хімічну тощо) зберігання на складах заготовок, деталей і вузлів, фарбування, складання вузлів і машини в цілому, регулювання, контроль якості, а також транспортування, випробування, пакування та ін.

Раціональна організація виробничого процесу неможлива без ретельної технічної підготовки виробництва, яка складається з:

- конструкторської підготовки виробництва (розробка конструкції виробу з відповідним комплектом конструкторської документації);
- технологічної підготовки виробництва (забезпечення технологічності виробу, розробка технологічних процесів, проектування і виготовлення засобів технологічного оснащення);
- календарного планування виробничого процесу виготовлення виробу в установлені терміни, в необхідних обсягах і з заданою собівартістю.

Технологічний процес — це частина виробничого процесу, яка складається з цілеспрямованих дій на зміну та (або) визначення стану предмета праці.

Стосовно умов механоскладального виробництва наведено вище означення технологічного процесу можна викласти так: технологічний процес — це частина виробничого процесу, під час виконання якої відбувається послідовна зміна розмірів, форми, зовнішнього вигляду або внутрішніх властивостей предмета праці та їх контроль.

В машинобудуванні предметами праці є заготовки деталей, деталі, складальні одиниці, машини. Важливою ознакою технологічного процесу є те, що під час його виконання відбуваються якісні зміни предмета праці.

До виробничого процесу зазвичай входять декілька технологічних процесів. Як частини виробничого процесу технологічні процеси, залежно від змісту, мають уточнені назви, наприклад, розрізняють технологічні процеси виготовлення заготовок, їх механічної, термічної та інших видів обробки, вузлового складання, загального складання та ін. Технологічний процес виконується робітниками за допомогою обладнання, інструментів і відповідного оснащення. Робітники і використовувані ними технологічні засоби розташовуються на певних ділянках виробничої площі, тобто на робочих місцях.

Робоче місце — це частина виробничої площі цеху, на якій розміщені один або декілька робітників, одиниця обладнання, яка ним (або ними) обслуговується, інструменти, технологічне оснащення, тимчасово заготовки і вироби, виготовлені на цьому робочому місці. Структура технологічного процесу механічної обробки показана на рис. 1.

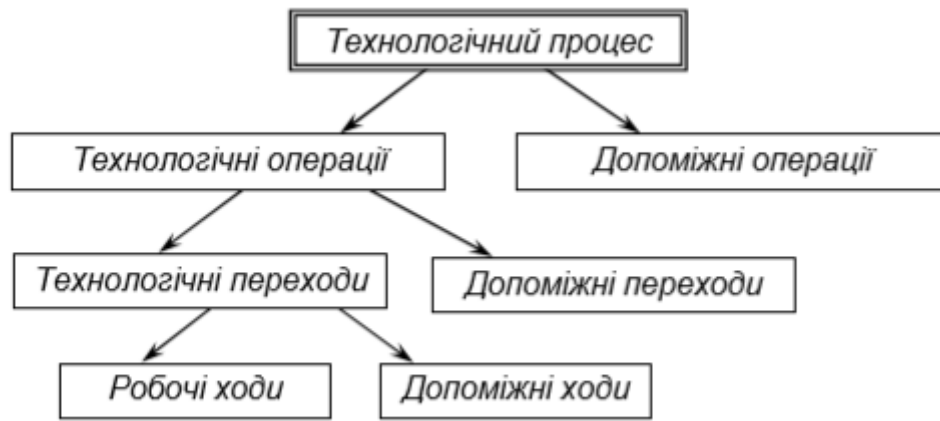


Рисунок 1 — Структура технологічного процесу механічної обробки

Технологічна операція — це завершена частина технологічного процесу, яка виконується на одному робочому місці. Для умов механоскладального виробництва поняття операції (технологічної і допоміжної) можна сформулювати так. Операція — це частина технологічного процесу, яка виконується безперервно над одним або декількома виробами, що одночасно обробляються або складаються, на одному робочому місці. Під час виконання технологічної операції відбуваються якісні зміни предмета праці, тобто змінюються розміри, форма, зовнішній вигляд або внутрішні властивості предмета праці. Прикладами технологічних операцій є операції механічної обробки (токарні, фрезерні, шліфувальні тощо) операції термічної обробки, складальні операції та ін.

Операція є основною одиницею виробничого планування і обліку. На основі операцій визначають трудомісткість виготовлення виробу, необхідну кількість робітників, обладнання, пристроїв та інструментів, собівартість обробки та складання. На основі операцій здійснюється також календарне планування виробництва, контроль якості та термінів виконання робіт. Операція є найменшою частиною технологічного процесу, на яку розробляється технологічна документація.

Технологічна операція складається з технологічних і допоміжних переходів.

Технологічний перехід — це завершена частина технологічної операції, яка характеризується постійністю застосовуваного інструмента і поверхонь, що утворюються під час обробки або з'єднуються під час складання.

З наведеного означення випливає, що технологічним переходом є частина операції, на якій здійснюється:

- обробка певної поверхні одним простим або фасонним інструментом;
- одночасна обробка декількох поверхонь комплектом інструментів (набором фрез, комбінованим інструментом, наприклад типу «свердлозенкер», багаторізевою розточувальною оправкою тощо);
- обробка криволінійної поверхні або комбінації декількох циліндричних і плоских поверхонь одним простим інструментом, наприклад, прохідним різцем (така обробка може виконуватись на верстаті з числовим програмним керуванням або на гідрокопіювальному верстаті).

Допоміжний перехід — це завершена частина технологічної операції, яка складається з дій робітника та (або) обладнання, які не супроводжуються якісними змінами предмета праці, але необхідні для виконання наступного технологічного переходу. Прикладами допоміжних переходів є: установлення заготовки у верстатний пристрій, знімання заготовки з верстатного пристрою, установлення різального інструмента в робочу позицію за рахунок повороту револьверної головки чи різцетримача, змінення режимів роботи верстата (подачі, частоти обертання шпинделя) робітником та ін.

Технологічний перехід складається з робочих і допоміжних ходів.

Робочий хід — це завершена частина технологічного переходу, яка складається з одноразового переміщення інструмента відносно заготовки, яке супроводжується змінами розмірів, форми, зовнішнього вигляду або внутрішніх властивостей заготовки.

Допоміжний хід — це завершена частина технологічного переходу, яка складається з одноразового переміщення інструмента відносно заготовки, яке не супроводжується змінами розмірів, форми, зовнішнього вигляду або внутрішніх властивостей заготовки, але необхідна для підготовки наступного робочого ходу.

Під час проектування технологічних процесів використовуються поняття позиції і установу.

Установ — це частина технологічної операції, яка виконується за незмінного розташування оброблюваної заготовки або складальної одиниці.

Позиція — фіксоване розташування, яке займає незмінно закріплена оброблювана заготовка або складальна одиниця разом з пристроєм відносно інструмента або нерухомої частини обладнання, для виконання певної частини операції.

2.2. Типи виробництва, їх характеристика

Тип виробництва, як найбільш загальна організаційно-технічна характеристика виробництва, визначається головним чином ступенем спеціалізації робочих місць, номенклатурою об'єктів виробництва, а також формою руху виробів по робочих місцях.

Кількість деталей у партії за формулою:

$$n = \frac{N_p \cdot t}{\Phi} \quad (2)$$

де N_p – річна програма випуску, шт.;

Φ – кількість робочих днів у році.

t – число днів, на які необхідно мати запас деталей на складі.

Можна вважати нормальним запаси деталей на складі для серійного типу виробництва залежно від трудомісткості: для великих деталей – 2-3 дні; для середніх деталей – 2-5 днів; для дрібних деталей – 5-10 днів

Ступінь спеціалізації робочих місць характеризується коефіцієнтом закріплення операцій, під яким розуміють кількість різних операцій, виконуваних на одному робочому місці протягом місяця.

Згідно зі стандартом, коефіцієнт закріплення операцій для групи робочих місць визначається за формулою:

$$K_{з.о.} = \frac{O}{P}, \quad (1)$$

де O – кількість різних операцій, виконуваних на робочих місцях ділянки або цеху;

P – кількість робочих місць на ділянці чи в цеху.

За ступенем спеціалізації робочі місця поділяють на групи:

- 1) робочі місця масового виробництва, спеціалізовані на виконання однієї операції, яка безперервно повторюється;
- 2) робочі місця серійного виробництва, на яких виконуються декілька різних операцій, які повторюються через певні проміжки часу;
- 3) робочі місця одиничного виробництва, на яких виконується велика кількість різних операцій, які повторюються через невизначені проміжки часу або зовсім не повторюються.

В залежності від номенклатури та періоду повторення операцій, робочі місця 2-ї групи відносять до велико-, середньо-, і дрібносерійних.

Тип виробництва визначається за групою робочих місць, що переважає. Якщо за робочим місцем, незалежно від його завантаження, закріплена тільки одна операція, то $K_{з.о.} = 1$, що відповідає масовому виробництву. Якщо $1 < K_{з.о.} < 10$ – виробництво великосерійне, якщо $10 < K_{з.о.} < 20$ – виробництво середньосерійне, якщо $20 < K_{з.о.} < 40$ – виробництво дрібносерійне, при $K_{з.о.} > 40$ – виробництво одиничне.

Тип виробництва – це категорія виробництва, яка враховує такі властивості, як широта номенклатури виробів, періодичність, стабільність і обсяг випуску продукції. Відповідно до цих параметрів, виділяють одиничне, серійне і масове виробництво.

Одиничне виробництво вирізняється широкою номенклатурою продукції, малим обсягом випуску однакової продукції, повторення якої не відбувається взагалі або відбувається нерегулярно. До підприємств одиничного виробництва належать заводи важкого, енергетичного машинобудування, суднобудування та ін.

Серійне виробництво характеризується обмеженою номенклатурою продукції, випуск продукції здійснюється певними партіями (серіями), загальний випуск яких може бути великим. Серія – це певна кількість однорідної продукції, яка має ті ж самі властивості й виготовляється за однаковою технологією. До підприємств серійного виробництва належать заводи верстатобудування, заводи літакобудування, заводи з виробництва сільськогосподарської техніки та ін.

Масове виробництво має вузьку номенклатуру продукції, великий обсяг виготовлення однакових виробів. Підприємства цього типу безперервно випускають один або кілька виробів протягом тривалого часу. До цих підприємств належать автомобільні та тракторні заводи, підприємства з виготовлення телерадіоапаратури та ін.

Порівняння різних параметрів типів виробництва наведено у табл. 1.1.

Таблиця 1.1. Порівняльна характеристика типів виробництва

Характеристика	Одиничне виробництво	Серійне виробництво	Масове виробництво
Широта номенклатури	Необмежена	Декілька типів	Один тип
Постійність виробництва	Одноразове	Періодичне	Постійне
Спеціалізація устаткування	Універсальне	Універсальне і спеціальне	Спеціальне
Принцип розміщення робочих місць	Технологічний	Технологічний і предметний	Предметний
Кваліфікація робітників	Висока	Середня або висока на автоматизованих системах	Невисока або висока на автоматизованих системах
Кількість технологічних операцій на одне робоче місце у місяць	Більше 40	Від 1 до 40	Дорівнює 1

Питання для самоперевірки

1. Поняття виробничого і технологічного процесів.
2. Структура технологічного процесу механічної обробки.
3. Поняття операції (технологічної і допоміжної), робочого і допоміж-ного ходу, робочого місця, установу, позиції. Наведіть приклади.
4. Поняття переходу (технологічного і допоміжного).
5. Поняття робочого і допоміжного ходу. Наведіть приклади.
6. Поняття циклу виготовлення виробу, такту і ритму випуску виробу, програми виготовлення виробів, партії виробів.

7. Головна ознака серійного виробництва. Наведіть приклади виробів, які виготовляються в умовах серійного виробництва.

8. Головна ознака масового виробництва. Наведіть приклади виробів, які виготовляються в умовах масового виробництва.

Література: [1 ст.21-26; 2 ст. 18-26].

ЛЕКЦІЯ 3. Форми та методи організації виробництва

3.1. Групова та потокова форми виробництва

3.2. Однономенклатурна та багатноменклатурна потокова лінія

3.1. Групова та потокова форми виробництва

Форми і методи організації технологічних процесів залежать від встановленого порядку виконання операцій, розташування технологічного обладнання, кількості виробів і напрямку їх руху при виготовленні. Існують дві форми організації технологічних процесів: групова і потокова. Основні ознаки цих форм регламентовані стандартами. Просторова організація виробничого процесу передбачає розміщення робочих місць і їх груп (цехів, дільниць) на території підприємства і забезпечення просування предметів праці з операції на операцію найкоротшим маршрутом. Виділяють два методи просторової організації виробництва: потоковий і груповий.

Групова форма організації технологічних процесів – це така форма, яка характеризується спільним виготовленням чи ремонтом груп виробів різної конфігурації на спеціалізованих робочих місцях.

Основою при груповій формі організації технологічних процесів повинно бути групування виробів за конструктивно-технологічними ознаками.

Потокове виробництво – це форма організації виробництва, основана на ритмічній повторюваності основних і допоміжних операцій на окремих робочих місцях, розміщених за ходом перебігу технологічного процесу.

Потокове виробництво характеризується:

- скороченням номенклатури продукції, що випускається, до мінімуму;
- поділом виробничого процесу на операції;
- спеціалізацією робочих місць на виконанні певних операцій;
- паралельним виконанням операцій на всіх робочих місцях у потоці;
- розташуванням обладнання за ходом технологічного процесу;
- високим рівнем безперервності виробничого процесу на основі забезпечення рівності або кратності тривалості виконання операцій потоку такту потоку;
- наявністю спеціального міжопераційного транспорту для передачі предметів праці від операції до операції.

3.2. Однономенклатурна та багатноменклатурна потокова лінія

Основною структурною одиницею потокового виробництва є **потокова лінія**, яка являє собою відокремлену групу робочих місць, яка виготовляє один або кілька подібних типорозмірів виробів.

Існуючі поточкові лінії виконують різні функції, у зв'язку з чим їх класифікують за рівними ознаками.

Однономенклатурна потокова лінія характеризується обробкою виробу одного найменування за закріпленим технологічним процесом протягом тривалого періоду часу. В залежності від кількості одночасно оброблюваних об'єктів одного найменування така лінія може бути одно- або багатопотоковою.

Однопотокова лінія характеризується обробкою на кожній операції одного об'єкта одного найменування.

Багатопотокова лінія характеризується одночасною обробкою на кожній операції двох і більше об'єктів одного найменування, причому виконання операцій дублюється для кожного об'єкта.

Багатономенклатурна потокова лінія характеризується послідовною обробкою груп виробів двох і більше найменувань за типовим технологічним процесом.

В залежності від характеру руху виробів по операціях потокові лінії поділяються на перервні та безперервні.

Потокові лінії, на яких деталі виготовляються по черзі, партіями, називаються змінно-потоковими. Вони характерні для серійного виробництва, для обробки конструктивно близьких деталей з відповідними переналадженнями.

За ступенем безперервності виробничого процесу: безперервна – лінія, на якій предмети праці переміщуються без очікування (при паралельному поєднанні операцій); перервна (прямоточна) – це лінія, яка не може забезпечити безперервної обробки деталей через несинхронність операцій.

За способом підтримування ритму: з регламентованим ритмом – лінія, на якій предмети праці передаються через фіксовані проміжки часу, тобто за певним ритмом, який підтримується конвеєром; з вільним ритмом – лінія, на якій предмети праці можуть передаватися з відхиленням від розрахункового ритму.

За місцем виконання операції: лінія з робочим конвеєром, яка є безпосереднім місцем виготовлення продукції, її транспортування і підтримання ритму; лінія з конвеєром зі зняттям предметів праці, яка пересуває предмети праці до робочих місць, а їх обробка виконується на технологічному устаткуванні.

За способом переміщення: лінія з безперервним рухом, що має постійну швидкість і під час роботи не зупиняється; лінія з пульсуючим рухом виконує транспортну функцію і зупиняється під час виконання операції.

Для поточного методу виробництва використовуються параметри:

1. Такт потокової лінії (t_e) – це інтервал часу між послідовним випуском двох деталей або вузлів:

$$t_e = \frac{F_d}{N}, \quad (3.1)$$

де F_d – дійсний річний фонд часу роботи обладнання, год.;

N – обсяг виробництва продукції за розрахунковий період, од.

Дійсний річний фонд часу роботи обладнання дорівнює:

$$F_d = F_n \cdot \eta,$$

де F_n – номінальний річний фонд часу роботи обладнання, год.

2. Ритм лінії (R) – цей показник обчислюється, якщо предмети праці передаються не поштучно, а транспортними партіями:

$$R = r \cdot n_m, \quad (3.2)$$

де t_e – такт потокової лінії, год.;

n_m – транспортна партія предметів праці, од.

3. Кількість робочих місць (P_m) для кожної операції визначається наступним чином:

$$P_m = \frac{t_i}{t_e}, \quad (3.3)$$

де t_i – час на виготовлення одиниці виробу, од.;

r – такт поточної лінії, хв.

4. Загальна довжина поточної лінії (L):

$$L = \frac{l}{P_m}, \quad (3.4)$$

де l – шаг конвеєра або довжина між центрами двох робочих місць, м;

P_m – кількість робочих місць, од.

5. Швидкість поточної лінії (V):

$$V = \frac{l}{t_g}, \quad (3.5)$$

де l – шаг конвеєра або довжина між центрами двох робочих місць, м;

r – такт поточної лінії, хв.

Економічна ефективність потокового методу забезпечується ефективністю дії всіх принципів організації виробництва: спеціалізації, безперервності, пропорційності, паралельності, прямоточності і ритмічності.

При предметно-груповій формі вся сукупність предметів праці розподіляється на технологічно подібні групи, обробка предметів кожної групи здійснюється за приблизно однаковою технологією і потребує однакового устаткування. Це дає змогу створювати для обробки предметів групи предметно-спеціалізованої дільниці, підвищувати рівень механізації та автоматизації виробництва, Предметно-групові методи створюють передумови для переходу до потокового виробництва.

Кількість верстатів (M) у непотоковому виробництві обчислюється окремо для кожної однотипної групи:

$$M = \frac{\sum_{i=1}^n N_i \cdot t_i}{T_p \cdot k_n}, \quad (3.6)$$

де n – кількість найменувань предметів, які обробляються на даному устаткуванні, од.;

N_i – кількість предметів i -го найменування, які обробляються за розрахунковий період (звичайно рік), од.;

t_i – норма часу на обробку i -го предмета, год.;

T_p – плановий фонд часу роботи одиниці устаткування за розрахунковий період, год.;

k_n – коефіцієнт виконання норм часу.

Для непотокових методів характерне послідовне (рідше – послідовно-паралельне) поєднання операцій, що поряд зі складним маршрутами обробки збільшує тривалість виробничого циклу. За невеликих обсягів виготовлення окремих виробів, непотоковий метод забезпечує краще використання устаткування, більш повне його завантаження в часі та за потужністю, оскільки обробку предметів можна розподіляти між верстатами групи з урахуванням їх параметрів.

Питання для самоперевірки

1. Назвіть форми організації виробництва в машинобудуванні, охарактеризуйте їх сутність.
2. Що належить до заходів вдосконалення потокових методів?
3. Які недоліки потокової організації виробництва?
4. Наведіть параметри поточного методу виробництва. Дайте їм характеристику.

Література: [1 ст.31-35].

ЛЕКЦІЯ 4. Проектування технологічних процесів механічної обробки заготовок деталей машин

- 4.1. Види технологічних процесів
- 4.2. Мета і основні етапи проектування технологічних процесів механічної обробки.
- 4.3. Порядок проектування технологічних процесів.
- 4.4. Принципи побудови операцій механічної обробки.

4.1. Види технологічних процесів

В залежності від умов виробництва і призначення технологічного процесу, використовуються декілька їх видів (ГОСТ 3.1109 – 82).

Одиничний технологічний процес — це технологічний процес виготовлення чи ремонту виробу одного найменування, типорозміру і виконання незалежно від типу виробництва.

Одиничні технологічні процеси розробляються і використовуються у всіх типах виробництва для виготовлення виробів (деталей, складальних одиниць), які не мають спільних конструктивних і технологічних ознак з іншими виробами, що виготовляються певним підприємством.

Уніфікований технологічний процес — це технологічний процес, у відповідності з яким, виготовляють або ремонтують групу виробів, що характеризуються спільними ознаками. Уніфіковані технологічні процеси поділяють на типові і групові.

Типовий технологічний процес — це технологічний процес виготовлення групи виробів зі спільними конструктивними і технологічними ознаками.

Технологічне проектування представляє собою комплекс проектно-розрахункових робіт, в який входить проектування власне технологічного процесу, пристроїв, різального, вимірювального і допоміжного інструменту, іноді нестандартного обладнання, різних стендів тощо.

Груповий технологічний процес – це технологічний процес виготовлення виробів з різними конструктивними, але спільними технологічними ознаками. У відповідності з цим визначенням груповий технологічний процес – це процес обробки заготовок різної форми, який складається із сукупності групових технологічних операцій. Такі операції виконуються на спеціалізованих робочих місцях.

Під спеціалізованим робочим місцем розуміють робоче місце, на якому здійснюють технологічні операції виготовлення або ремонту виробу або групи виробів з використанням заздалегідь скомплектованих одиниць технологічного обладнання і оснащення (верстата; різального, допоміжного, контрольно-вимірювального інструменту; верстатних пристроїв тощо) протягом тривалого інтервалу часу.

Групова технологічна операція характеризується спільністю використовуваного обладнання і технологічного оснащення, яке дозволяє виконувати швидке переналагоджування при переході до обробки наступної партії деталей групи. Тому групові технологічні операції і, відповідно, групові технологічні процеси досить просто реалізуються з використанням верстатів з ЧПК.

4.2. Мета і основні етапи проектування технологічних процесів механічної обробки.

Технологічні процеси механічної обробки розробляють у таких випадках:

- під час проектування нових або модернізації наявних виробничих структур;
- під час запуску у виробництво нових виробів на діючих підприємствах.

Метою проектування технологічного процесу є забезпечення: - проектної якості виробів; - якомога меншої їх собівартості; - запланованого обсягу випуску.

Технологічний процеси механічної обробки зазвичай розробляється у такій послідовності.

1. Формування і аналіз вихідних даних.
2. Аналіз конструкції і технологічності деталі.
3. Вибір способу виготовлення заготовки. Попереднє проектування заготовки.
4. Вибір способів і визначення кількості ступенів (переходів) обробки поверхонь.
5. Вибір технологічних баз.
6. Розробка маршруту механічної обробки. Попередній вибір металорізальних верстатів.
7. Порівняння маршрутів механічної обробки та вибір кращого з них за мінімумом приведених витрат.
8. Визначення припусків на механічну обробку.
9. Визначення технологічних розмірів обробки циліндричних поверхонь.

10. Розмірний аналіз технологічних процесів.

11. Проектування технологічних операцій: - призначення режимів різання; - визначення технічних норм часу.

12. Визначення необхідної для виконання кожної з операцій кількості верстатів та їх завантаження і (за необхідністю) корекція вибору верстатів.

13. Оформлення технологічної документації.

Вихідну інформацію для проектування технологічних процесів механічної обробки поділяють на:

- базову;
- керувальну;
- довідкову.

Базова інформація включає:

- креслення деталі;
- складальне креслення виробу або вузла;
- річну (місячну) програму випуску деталі; - тривалість виготовлення деталі.

До керувальної інформації входять:

- вимоги галузевих та державних стандартів до технологічних процесів;
- комплекти технологічної документації на наявні типові технологічні процеси виготовлення подібних деталей; - виробничі інструкції;
- керівні матеріали з безпеки життєдіяльності та промислової санітарії.

Довідкова інформація включає:

- технічну і наукову літературу;
- каталоги і паспорти обладнання, довідкову літературу.

В залежності від умов, згідно з якими проектується технологічний процес, потреба в інформації може бути різною. Для проектування технологічних процесів на діючих підприємствах необхідно мати якомога повну інформацію щодо наявності обладнання, технологічного оснащення, виробничих площ та інших місцевих умов.

4.3. Порядок проектування технологічних процесів.

Проектування технологічних процесів, як правило, здійснюється в декількох варіантах і потім, на основі вибраних критеріїв оптимальності, приймається найкращий з них. У більшості випадків такими критеріями є надійність процесу виготовлення всіх деталей у відповідності з кресленням і мінімальні зведені витрати на виготовлення деталей.

Ідею типізації технологічних процесів запропонував і розробив доктор технічних наук, професор А.П. Соколовський. Створена ним методика типізації технологічних процесів базується на класифікації процесів, в основі якої лежить класифікація деталей.

Основне завдання класифікації та типізації полягає у приведенні всього різноманіття деталей, поверхонь та їх з'єднань до мінімальної кількості типів, для яких можна розробити типові технологічні процеси обробки в декількох варіантах, щоб для будь-якого конкретного випадку обробки деталі, окремої поверхні або з'єднання поверхонь даного типу можна було вибрати найбільш раціональний типовий процес.

При типізації технологічних процесів основою є конструкторська класифікація (по типах), а технологічна класифікація є лише вторинною. Тому, перш ніж приступити до розробки типових процесів, необхідно розбити деталі машин на класи по спільності технологічних задач, що розв'язуються при їх виготовленні.

Найбільш поширене розбиття деталей на такі класи: вали, в тому числі осі, штоки, пальці, штирі; втулки, в тому числі гільзи, вкладиші; диски, в тому числі кільця, маховики, шківні; ексцентричні деталі, в тому числі колінчасті вали; хрестовини; важелі, в тому числі шатуни, тяги, серги; площинні деталі, в тому числі плити, рами, станини, столи, планки тощо; зубчасті колеса; черв'яки; стояки та інше.

Типова деталь об'єднує сукупність деталей, що мають однаковий план (маршрут) операцій, які здійснюються на однорідному обладнанні із застосуванням однотипних пристроїв та інструменту. Типову деталь називають представником групи і до неї належить, як правило, виріб, обробка якого потребує найбільшої кількості основних і допоміжних операцій, характерних для виробів даної групи. Для типової деталі (представника) розробляють технологічний процес зі встановленням типової послідовності операцій, типових схем базування і типових конструкцій оснащення.

Після класифікації деталей за конструктивними ознаками, типовий технологічний процес розробляється звичайно за трьома напрямками:

- типізація технологічних процесів обробки окремих поверхонь;
- типізація технологічних процесів обробки сполучень поверхонь;
- типізація технологічних процесів обробки деталей.

Ознаками класифікації елементарних поверхонь є: форма і розміри поверхні, потрібна шорсткість та точність, матеріал заготовки. Розрізняють плоскі, циліндричні, зовнішні та внутрішні, фасонні та інші поверхні, для яких в залежності від їх габаритних розмірів, точності та шорсткості призначають типові маршрути обробки поверхонь (ТМОП). Типові МОП використовують на наступному етапі типізації.

Під типовим розуміють таке поєднання поверхонь різних деталей, при якому всі елементарні поверхні можуть бути оброблені при незмінній технологічній базі на одних і тих же верстатах, однаковим інструментом при однаковому змісті та послідовності операцій, встановлень та переходів. Ознаками класифікації типових з'єднань поверхонь є: конфігурація окремих поверхонь; взаємне розташування; точність обробки окремих поверхонь та точність їх взаємного розташування; розміри окремих поверхонь; матеріал оброблюваної заготовки.

При типізації технологічних процесів обробки типових з'єднань поверхонь складають план обробки такого з'єднання за операціями в декількох можливих варіантах, встановлюють послідовність переходів для кожної операції, визначають тип різального і вимірювального інструменту для окремих переходів. Прикладами типових процесів обробки з'єднань поверхонь можуть бути процеси обробки поверхонь: концентричних зовнішніх та внутрішніх обертання; ексцентрично розташованих; взаємно перпендикулярних або паралельних; співвісно оброблюваних отворів з точними відстанями між ними тощо. Типові технологічні процеси обробки з'єднань поверхонь використовують на завершальному етапі – при розробці типових технологічних процесів обробки деталей (типів, представників).

Ознаками класифікації деталей для розробки типового технологічного процесу їх обробки є: конфігурація деталі, її габаритні розміри, точність обробки та якість оброблюваних поверхонь, матеріал.

4.4. Принципи побудови операцій механічної обробки.

Проектування операцій механічної обробки є багатоваріантною завданням, варіанти якої оцінюються по продуктивності і собівартості. Механічну обробку деталі розбивають на технологічні операції, встановлюючи їх кількість і послідовність, а також вибирають обладнання та конструктивну схему пристосувань для виконання операцій.

На першій операції обробляються основні технологічні бази, використовуючи для базування чорнові бази заготовки. Після цього виконуються операції формоутворення, потім реалізуються операції місцевої обробки на попередньо оброблених поверхнях (отримання фасок, канавок, отворів, різьбових отворів і т.п.). Завершальним етапом механічної обробки є обробна обробка основних поверхонь, а при необхідності виконується додаткова обробка найбільш відповідальних поверхонь.

Побудова маршрутною технології залежить від умов виробництва, конструкторсько-технологічних особливостей деталі і вимог точності, що пред'являються до найбільш

відповідальним поверхонь. Для цих поверхонь з урахуванням точності обраної заготовки і досяжних коефіцієнтів уточнення вибирають методи обробки, а також послідовність і число переходів, визначають зміст операцій.

Операційну технологію розробляють з урахуванням місця кожної операції в маршрутній технології. Проектування операцій пов'язано з розробкою їх структури, складанням схем налагоджень, проведенням розмірного аналізу ТП і розрахунком очікуваної точності обробки, призначенням режимів обробки і визначенням норм часу. При виконанні розмірного аналізу ТП і перевірці продуктивності може виникнути необхідність зміни пропонованої маршрутної технології, прийнятого обладнання, а також змісту операції механічної обробки або умов її виконання.

В результаті розробки технологічної операції повинна бути обрана модель верстата; схема базування заготовки; схема пристосування; визначені режими обробки; обраний тип і матеріал робочої частини різального інструменту; необхідний допоміжний інструмент; засоби вимірювання та технологічні розміри.

Послідовність обробки окремих поверхонь заготовок в значній мірі визначається проставлянням розмірів, прийнятої в кресленні деталі. Так, при побудові ТП бажано, щоб технологічні бази і розміри збігалися з конструкторськими і складальними базами і розмірами. Крім цього, при установці послідовності обробки поверхонь заготовки необхідно дотримуватися наступних рекомендацій.

1. При появі раковин і тріщин в першу чергу виробляють зняття найбільшого припуску з тих поверхонь, де подібні дефекти найчастіше виявляються і де вони неприпустимі. Це дозволяє забракувати або виправити заготовку на самому початку її обробки, не проводячи зайвої механічної обробки.

2. Через небезпеку перерозподілу внутрішніх напружень, що спричиняється цим деформації деталі обробку рекомендується починати з найменш точних поверхонь при знятті з них найбільших припусків. Обробку більш точних слід проводити в останню чергу, наприклад основних отворів корпусів.

3. В умовах дрібносерійного і серійного виробництва для скорочення довжини переміщення деталі по цеху бажано послідовність обробки будувати з урахуванням розташування обладнання цеху. В умовах масового і великосерійного виробництва саме устаткування часто розташовується відповідно до напрямку потоку.

Поряд зі встановленою послідовністю обробки заготовок, найважливішим питанням при розробці ТП виготовлення деталей є вибір методів обробки. Методи остаточної обробки всіх поверхонь деталі і методи її обробки при виконанні проміжних операцій призначаються виходячи з вимог, що пред'являються до точності розмірів і якості поверхонь готової деталі, враховуючи характер заготовки і властивості оброблюваного матеріалу.

При призначенні методу обробки слід прагнути до того, щоб число переходів при обробці кожної поверхні деталі було мінімальним. При цьому бажано, щоб одним і тим же методом оброблялося якомога більше поверхонь деталі. Це дозволяє скоротити загальне число операцій і установок, тривалість циклу обробки, підвищити продуктивність і точність обробки деталі.

У зв'язку з тим, що обраний метод остаточної обробки окремих поверхонь не завжди може забезпечити досягнення необхідної точності і якості поверхні заготовки, виникає необхідність створення проміжних операцій або переходів, у міру виконання яких досягається точність і шорсткість заготовки до необхідної точності і шорсткості готової деталі. Причому, економічно доцільно підвищувати точність від операції до операції на 1-2 квалітету і зменшувати висотні параметри шорсткості - R_a , R_z , R_{max} в 2-5 разів.

При визначенні вибору варіанта плану операції керуються такими загальними принципами :

- чим вище точність елемента конструкції деталі, тим пізніше слід передбачати його обробку;

- спочатку слід планувати чорнову обробку, потім чистову;
- чим менше час спрацьовування виконавчого органу (зміна інструменту, поворот столу і ін.), тим частіше цей орган повинен функціонувати.

Питання для самоперевірки

1. Поняття одиничного, типового і групового технологічних процесів.
 2. У якій послідовності проектується технологічний процес механічної обробки?
 3. Які початкові дані необхідні для проектування технологічного процесу механічної обробки?
 4. Які рекомендації слід дотримуватися при установці послідовності обробки поверхонь заготовки?
 5. Від чого залежить вибір методів обробки?
- Література: [1 ст.590-593], [2 ст.292-295], [3 ст.32-34].

ЛЕКЦІЯ 5. Точність обробки та якість поверхні. Поняття про технологічність конструкції виробів.

- 5.1. Поняття про точність розмірів і форми.
- 5.2. Фактори, що впливають на точність обробки.
- 5.3. Поняття про якість поверхонь.
- 5.4. Фактори, що впливають на якість оброблюваної поверхні.
- 5.5. Поняття про технологічність конструкції виробів.

5.1. Поняття про точність розмірів і форми.

Під точністю обробки розуміють ступінь відповідності виготовленої деталі заданим розмірам і формі. У більшості випадків форма деталей визначається комбінацією відомих геометричних тіл: циліндричних, конічних, площин і т. д.

Можна встановити такі основні критерії відповідності деталі заданим вимогам:

- 1) точність форми, тобто ступінь відповідності окремих поверхонь деталі тим геометричним тіл, з якими вони ототожнюються;
- 2) точність розмірів поверхонь деталі;
- 3) точність взаємного розташування поверхонь.

Відхилення форми реальної поверхні від номінальної, тобто заданої кресленням, оцінюються найбільшою відстанню D між точками реальної поверхні і номінальної, вимірним по нормалі до останньої. Відхилення форми і розташування поверхонь регламентуються ГОСТом.

Найбільш часто зустрічаються з них:

Відхилення від прямолінійності в площині.

Приватними випадками є: - опуклість – відхилення від прямолінійності, при якому віддалення точок реального профілю від прилягаючої прямої зменшується від краю до середини (рис.2а);

- увігнутість – відхилення від прямолінійності, при якому віддалення точок реального профілю від прилягаючої прямої збільшується від краю до середини (рис.2б).

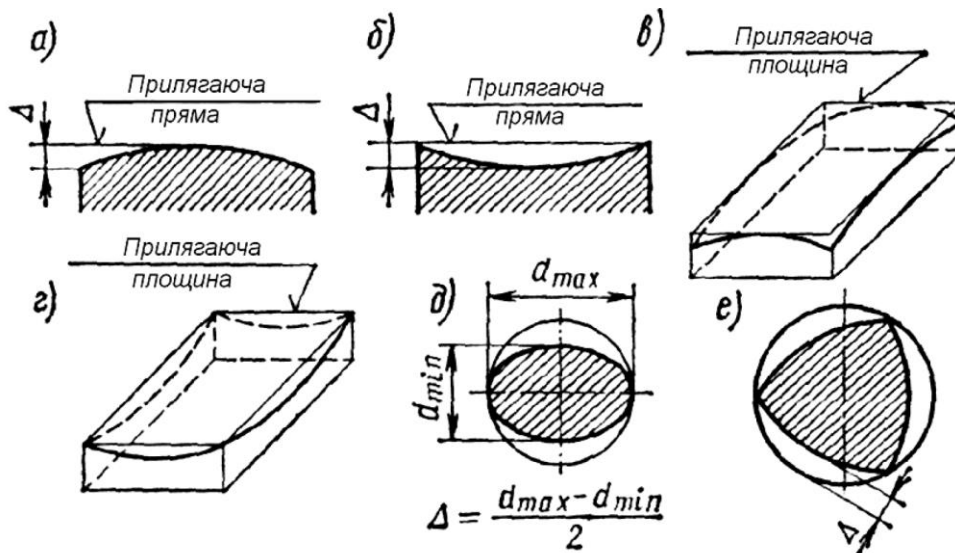


Рисунок 5.2. Відхилення від прямолінійності, площинності та круглості

Відхилення від площинності. Приватними випадками є: опуклість (рис.5.2в) і увігнутість (рис.5.2, г).

Відхилення від круглості. Приватними випадками є:

- овальність – відхилення від круглості, при якому реальний профіль являє собою овальноподібну форму, найбільший max d і найменший min d діаметри якої перебувають у взаємно перпендикулярних напрямках (рис.5.2 д).

- огранювання – відхилення від круглості, при якому реальний профіль являє собою багатогранну фігуру (рис.5.2, е).

Відхилення профілю поздовжнього перетину характеризує відхилення від прямолінійності й паралельності утворюючих. Приватними випадками є: - конусоподібність – відхилення профілю поздовжнього перетину, при якому утворюючі прямолінійні, але не паралельні (рис.5.3 а);

- бочкоподібність - відхилення від профілю поздовжнього перетину, при якому утворюючі непрямолінійні й діаметри збільшуються від країв до середини перетину (рис.5.3 б);

- сідлоподібність – відхилення від профілю поздовжнього перетину, при якому утворюючі непрямолінійні й діаметри зменшуються від країв до середини перетину (рис.5.3. в).

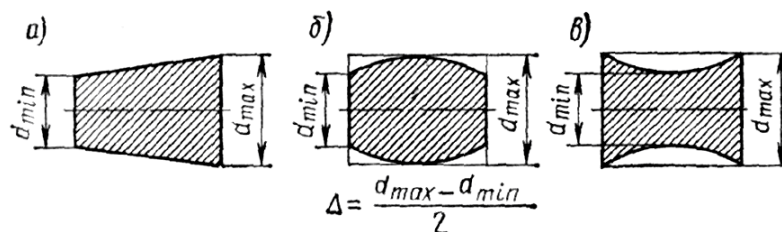


Рисунок 5.3. Відхилення від профілю поздовжнього перетину

5.2. Фактори, що впливають на точність обробки

До факторів, що визначають точність обробки, відносяться:

1) Неточність верстатів, що є наслідком неточності виготовлення їхніх основних деталей і вузлів і неточності складання.

2) Ступінь точності виготовлення різального і допоміжного інструменту і його зношування під час роботи.

3) Неточність установки інструменту і налагодження верстата на розмір.

4) Погрішності базування і установки оброблюваної деталі та інструмента на верстаті або в пристосуванні (наприклад, неправильне положення деталі щодо осі шпинделя й т.п.).

5) Деформації деталей верстата, оброблюваної деталі й інструмента під час обробки під впливом сили різання, внаслідок недостатньої їх жорсткості і пружності системи верстат-пристосування-інструмент-деталь (ВПД), зокрема деформація деталі, що виникає при її закріпленні для обробки.

6) Теплові деформації оброблюваної деталі, деталей верстата й різального інструменту в процесі обробки і деформації, що виникають під впливом внутрішніх напружень у матеріалі деталі.

7) Така якість поверхні деталі після обробки, що може дати неправильні показання при вимірюванні.

8) Помилки у вимірах внаслідок неточності вимірювального інструменту, неправильного користування ним, впливу температури й т.п.

9) Помилки виконавця.

Оскільки точність обробки у виробничих умовах залежить від багатьох факторів, обробку на верстатах ведуть не з досяжною, а з так називаною економічною точністю. Під економічною точністю механічної обробки розуміють таку точність, що при мінімальній собівартості обробки досягається в нормальних виробничих умовах, що передбачають роботу на справних верстатах із застосуванням необхідних пристосувань та інструментів при нормальній витраті часу і нормальній кваліфікації робітників, що відповідають характеру роботи. Під досяжною точністю розуміють таку точність, яку можливо досягти при обробці в особливих, найбільш сприятливих умовах, незвичайних для даного виробництва, висококваліфікованими робітниками, при значному збільшенні витрати часу, незважаючи на собівартість обробки.

5.3. Поняття про якість поверхонь.

Якість обробленої поверхні характеризується двома основними ознаками:

1. Фізико-механічними властивостями поверхневого шару металу.
2. Ступенем шорсткості поверхні (чистої або гладкості поверхні).

У процесі механічної обробки від дії ріжучого інструменту на поверхні металу залишаються гребінці і западини, і структура поверхневого шару змінюється. Поверхневий шар відчуває пластичні деформації і набуває наклеп, твердість його підвищується і виникають внутрішні напруги. Ступінь наклепу металу і глибина проникнення пластичних деформацій залежить від методу обробки і режимів різання. При підвищенні подачі і глибини різання товщина наклепанного шару збільшується, при збільшенні швидкості різання зменшується, при легкому режимі різання товщина наклепанного шару виражається в сотих частках міліметра, при більш важких в десятих частках міліметра.

Розрізняють такі відхилення обробленої поверхні за геометричними ознаками:

1. Макрогеометрія поверхні характеризується похибками форми (седлообразність, ограновування, конусність).
2. Хвилястість поверхні, тобто наявність періодично повторюються приблизно однакових хвилеподібних відхилень.
3. Микрогеометрія (мікронерівності поверхні, тобто шорсткість, обумовлена наявністю гребінців і западин. Величина мікронерівностей характеризує чистоту обробленої поверхні

5.4. Фактори, що впливають на якість обробленої поверхні

До факторів, що впливають на якість обробленої поверхні, відносяться:

- 1 Рід і властивості оброблюваного матеріалу.

- 2 Спосіб обробки (точіння, фрезерування, шліфування й т.д.).
- 3 Режими різання (швидкість різання, глибина різання, подача).
- 4 Жорсткість системи СНІД.
- 5 Геометричні параметри інструменту.
- 6 Матеріал інструменту.
- 7 Охолодження в процесі різання.

5.5. Поняття про технологічність конструкції виробів.

Під технологічністю конструкції виробу розуміють сукупність властивостей конструкції, які забезпечують виготовлення, ремонт та технічне обслуговування виробу за найбільш ефективною технологією у порівнянні з аналогічними конструкціями за однакових умов їх виготовлення, експлуатації, при одних і тих же показниках якості.

Застосування ефективної технології припускає оптимальні затрати праці, матеріалів, коштів, часу при технологічній підготовці виробництва, в процесі виготовлення, експлуатації та ремонту, включаючи підготовку виробу до функціонування, контроль його працездатності, профілактичне обслуговування.

Від умов, в яких виготовляється виріб (тип виробництва, його організація, спеціалізація, програма і повторюваність випуску), залежать можливості відпрацювання технологічності конструкції, спрямованої на зниження трудомісткості виготовлення, собівартості виробу, зручності його ремонту в процесі експлуатації.

Для оцінки конструкції використовують базові показники технологічності одного виробу, який представляє цілу групу виробів, наділених загальними конструктивними ознаками.

Службове призначення будь-якої деталі витікає зі службового призначення складальної одиниці, куди вона входить, і тією роллю, яку вона виконує при функціонуванні вузла (машини). Службове призначення деталі повинно відображати функцію, що на неї покладена, роль поверхонь у виконанні цих функцій, вимоги до параметрів міцності, вібростійкості, жорсткості, параметрів точності тощо. Службове призначення деталі, як і машини в цілому, повинно складатись з двох частин: загальної та уточнень.

До уточнень службового призначення деталі можна віднести: матеріал, з якого вона виготовлена; необхідна термічна обробка; якість поверхонь, виражена в геометричних та фізико-механічних параметрах; точність розмірів, поворотів, точність взаємного положення поверхонь тощо.

Спочатку описується конструкція та функції виробу чи складальної одиниці, в яку входить деталь, що задана для проектування технологічного процесу. Далі наводяться конструктивні особливості деталі, функціональне призначення її поверхонь, визначаються основні та допоміжні конструкторські бази деталі, аналізується вплив точності виготовлення деталі та шорсткості її поверхонь на роботу машини.

Питання для самоперевірки

1. Що розуміють під поняттям «Якість поверхні».
 3. Які відхилення оброблюваної поверхні за геометричними ознаками існують в машинобудуванні?
 4. Перечислите фактори, що впливають на якість оброблюваної поверхні.
 5. Що розуміють під поняттям «Якість поверхні».
 6. Дайте поняття шорсткості поверхні.
 7. Які відхилення оброблюваної поверхні за геометричними ознаками існують в машинобудуванні?
 7. Перечислите фактори, що впливають на якість оброблюваної поверхні.
- Література: [4 ст.86-90], [5 ст.37-41].

ЛЕКЦІЯ 6. Проектування технологічних процесів обробки деталей

6.1. Вибір та обґрунтування матеріалу деталі. Призначення термічної обробки

6.2. Вибір методу виготовлення заготовок

6.3. Вибір установлюваних баз і складання маршруту обробки деталей

6.1. Вибір та обґрунтування матеріалу деталі. Призначення термічної обробки

Виходячи зі службового призначення, умов експлуатації та виробничого досвіду, вибирають матеріал із вказанням його хімічного складу, механічних і технологічних властивостей. У подальшому, при виборі заготовки і економічному обґрунтуванні, може виявитись необхідність заміни матеріалу, але ця заміна проводиться, як правило, для покращення технологічних властивостей матеріалу, і не допускається зниження механічних властивостей.

Відповідно до вибраного матеріалу, вибирають і дають коротку характеристику термічній обробці, яка забезпечувала б задані конструктором технічні вимоги до твердості, структури тощо.

6.2. Вибір методу виготовлення заготовок

Вибір того чи іншого методу визначають, виходячи з наступних умов:

- ✓ технологічною характеристикою матеріалів деталі, тобто литтєвими властивостями, здатністю витримувати пластичні деформації під час обробки тиском, а також структурними змінами матеріалу заготовки;
- ✓ конструктивними формами і розмірами заготовки;
- ✓ потрібною точністю виконання заготовки, квалітетом обробки та якістю її поверхневих шарів;
- ✓ величиною програми випуску і часу на її виконання.

Крім того, на вибір методу виробництва заготовок великий вплив має час підготовки технологічної оснастки (виготовлення пресформ, моделей, штампів), наявність відповідного технологічного обладнання та необхідний ступінь автоматизації процесу. Вибраний метод повинен забезпечувати мінімальну собівартість. Підвищення точності виробництва заготовки помітно знижує обсяг механічної обробки. Разом з цим при малому обсязі випуску не всі вибрані методи виявляються рентабельними через великі витрати на оснастку для заготівельних процесів. Це наочно видно на наведеної нижче залежності собівартості виготовлення деталі:

$$C = Q \cdot a + \sum t_{ш.заг.} \cdot l_{заг.} \left(1 + \frac{Z_{заг.}}{100} \right) + \frac{A \cdot 100}{N} + \sum t_{ш.заг.} \cdot k + \sum t_{ш.обр.} \cdot l_{обр.} \left(1 + \frac{Z_{обр.}}{100} \right), \quad (6.1)$$

де Q – вага матеріалу на одну заготовку, кг;

a - ціна 1 кг матеріалу, грн.;

$\sum t_{ш.заг.} \cdot l_{заг.}$ - заробітна плата по заготівельному цеху на одну заготовку, грн.; ($t_{ш.заг.}$ - штучний час на одну операцію, хв., $l_{заг.}$ - хвилинна ставка робітника при виконанні операції);

$Z_{заг.}$ - процент накладних витрат по заготівельному цеху без урахування витрат на спеціальну оснастку та використання обладнання;

A - витрати на спеціальну оснастку (штампи, моделі, пресформи), грн;

N - обсяг випуску в штуках, на який розповсюджуються витрати на оснастку;

$\sum t_{ш.заг.} \cdot k$ - витрати на експлуатацію обладнання по заготівельному цеху на одну заготовку, грн. (k – витрати за одну хвилину на експлуатацію обладнання, грн.);

$\sum t_{ш.обр.} \cdot l_{обр.}$ - заробітна плата по механічному цеху на одну заготовку, грн. ($t_{ш.обр.}$ - штучний час на одну операцію механічної обробки, хв., $l_{обр.}$ – хвилинна ставка робітника на виконання операції, грн.);

$Z_{обр.}$ - відсоток накладних витрат по механічному цеху.

На основі знання технологічних характеристик методів виробництва заготовок можна відібрати обмежену їх кількість, що задовольняє поставленим умовам. Але остаточний вибір методу виробництва повинен здійснюватися тільки на підставі економічних розрахунків.

Щодо заготовок, що отримані за допомогою лиття або в результаті пластичного деформування, то попередньо встановлюють:

- ✓ припуски на обробку;
- ✓ допуски на розміри оброблюваних і чорнових поверхонь;
- ✓ базові поверхні для першої операції механічної обробки з вказівкою вимог, що до них ставляться;
- ✓ термічну обробку заготовок (у разі необхідності) та вимоги до структури й твердості матеріалу з точки зору його оброблюваності;
- ✓ метод очищення поверхонь деталей;
- ✓ міста вирізу у відповідальних заготовках пробних зразків для оцінки якості;
- ✓ методи попередньої обробки заготовок.

При виготовленні заготовок із сортового матеріалу встановлюють профіль і розмір прутка або товщину листа. Перелічені вище дані повинні бути наведені в кресленні заготовки або в технічних умовах на її виготовлення.

Контроль якості передбачає такі аспекти: виявлення пороків матеріалу заготовки за допомогою зовнішнього огляду чорних і попередньо оброблених поверхонь; перевірку розмірів заготовок за допомогою вимірювальних інструментів і шаблонів для розмітки, перевірку фізико-механічних властивостей матеріалу та його хімічного складу.

6.3. Вибір установлюваних баз і складання маршруту обробки деталей

Мета вибору установлюваних баз полягає не тільки в установленні самих баз, але і у порядку їх зміни (у разі необхідності) при виконанні технологічного процесу механічної обробки деталі. Вихідними даними при цьому є: робоче креслення деталі з вказівкою заданих розмірів, технічні умови на її виготовлення, вид заготовки, бажаний ступінь автоматизації процесу. При вирішенні даного питання враховують також умову роботи елемента в механізмі. Прийнята схема базування визначає конструктивні схеми пристроїв і впливає на точність розмірів та взаємного положення поверхонь деталей. Похибка базування, що дорівнює нулю, забезпечується при витримванні принципу сполучення баз. У разі неможливості витримки даного принципу (наприклад, через недостатність стійкості заготовки при малих розмірах вимірюваної бази) за установлювану базу приймають іншу поверхню, що сприяє зменшенню негативного наслідку несполучення баз.

Витримка принципу сталості баз сприяє підвищенню точності взаємного положення поверхонь деталі, а також однотипності пристроїв і схем установки, що особливо важливо при здійсненні автоматизації технологічного процесу. Прагнення до витримки даного принципу спричиняє утворення на деталі штучних (допоміжних) баз у вигляді бобишок, центрувальних гнізд, установлюваних поясків та інших елементів, а також виконання усієї обробки за один установ на базі чорних поверхонь вихідної заготовки. При цьому останній випадок має місце у процесі обробки деталей із прутка на автоматах, багатопшпіндельних і агрегатних верстатах, а також при використанні пристроїв-супутників на автоматичних лініях.

Вибір баз пов'язаний з першою наміткою плану обробки деталі, який у подальшому деталізується на послідовних етапах проектування технологічного процесу.

Вибір маршруту обробки окремих поверхонь деталі проводять, виходячи з вимог робочого креслення та прийнятої заготовки. За заданими класами точності й чистоти поверхонь деталі, а також з урахуванням її розміру, ваги і конфігурації вибирають один або кілька методів остаточної обробки та тип відповідного обладнання.

Побудова маршруту базується на тому, що кожний послідовний метод повинен бути точніший від попереднього. Технологічний допуск на проміжний розмір і якість поверхні за попереднім методом повинен знаходитися у межах, що дозволяють нормальне використання намічуваного послідовного методу обробки.

Число варіантів можна значно скоротити з урахуванням цілого ряду практичних міркувань. До їх числа слід віднести необхідність обробки даної поверхні на одному верстаті за кілька послідовних переходів, обмеження можливості використання інших методів обробки при недостатній жорсткості деталі, необхідність обробки даної поверхні спільно з іншими, а також вимоги місцевого характеру.

Відносно технологічного процесу механічної обробки деталі, яка підлягає термічній обробці, то він розподіляється на дві частини – до і після неї. Для усунення можливих короблень з метою забезпечення заданої точності та шорсткості доводиться передбачати правку деталей або повторну обробку окремих поверхонь. Окремі види термічної обробки ускладнюють процес механічної обробки.

Операції допоміжного або другорядного характеру (свердління мілких отворів, знімання фасок, прорізання канавок, зачищення задирок) виконують на стадії чистової обробки з часто зміною послідовністю, бо вона не впливає на якісні показники та економіку процесу в цілому. Проведення технічного контролю намічають після етапів обробки, де імовірність появи браку зростає, перед складними та дорогокоштовними операціями, а також в кінці обробки.

Для існуючих підприємств, де цехи організовані за видами обробки, проектування технологічних процесів здійснюється з урахуванням можливого скорочення шляхів транспортування деталей.

Питання для самоперевірки

1. Дайте поняття заготовки.
2. Назвіть методи отримання заготовки.
3. Перечисліть основні принципи вибору способу отримання заготовки.
4. Які фактори впливають на визначення способу отримання заготовки.
5. Дайте характеристику цільовому призначенню технологічних розробок.
6. Які вихідні данні необхідні для розробки технологічного процесу?
7. Перечисліть етапи розробки технологічного процесу.
8. Що передбачає в собі встановлення плану та методів обробки.

Література: [1 ст.37-41], [6 ст.162-173], [3 ст.37-41].

ЛЕКЦІЯ 7. Визначення припусків на обробку та розмірів заготовки.

Методи визначення припусків

- 7.1. Припуски на механічну обробку
- 7.2. Методи визначення припусків
- 7.3. Визначення припусків на обробку та розмірів заготовки.

7.1. Припуски на механічну обробку

Креслення вихідної заготовки відрізняється від креслення готової деталі перш за все тим, що на всі х оброблюваних поверхнях передбачені припуски.

Припуск – це шар металу, який видаляється з поверхні заготовки для компенсації її неточностей, що виникли в процесі її виготовлення або під час попередньої механічної обробки.

Проміжним припуском називають шар металу, що видаляється з поверхні заготовки під час виконання одного переходу.

Загальним припуском – називають шар металу, що видаляється з поверхні вихідної заготовки в процесі механічної обробки для отримання готової деталі. Загальний припуск дорівнює сумі проміжних припусків.

Призначення раціональних припусків є відповідальною технікоеконімічною задачею. Призначення невиправдано великих припусків призводить до значних втрат металу, який перетворюється в стружку; збільшує трудомісткість механічної обробки; збільшує витрати на різальний інструмент і електроенергію, збільшує потребу в обладнанні і в робітниках. Призначення невиправдано малих припусків не забезпечить видалення дефектних шарів матеріалу і досягнення необхідних показників точності деталі. У машинобудуванні використовують поняття напуску, під яким також розуміють шар металу, що видаляється механічною обробкою. На відміну від припуску, утворення напуску пов'язано з особливостями технології виготовлення вихідної заготовки. До напусків відносять: формувальні і штампувальні уклони, непролиті і непрошиті отвори, шари металу сортового прокату, різноманітні впадини у виливках і штампованих поковках, заповнені металом, тощо

7.2. Методи визначення припусків

В машинобудуванні застосовують дослідно-статистичний та розрахунково-аналітичний методи встановлення припусків на обробку.

Згідно з дослідно-статистичним методом загальні та проміжні припуски визначають за таблицями, в яких узагальнено і систематизовано виробничі дані передових машинобудівних заводів.

Недоліком цього методу є те, що припуски, як правило, призначають без врахування МОП і конкретних умов виконання технологічних операцій та переходів. Дослідно-статистичні припуски в багатьох випадках завищені, оскільки вони орієнтовані на такі умови обробки, коли для уникнення браку припуск повинен бути максимальним. Дослідно-статистичний метод простий, однак змушує технолога приймати рішення догматично, не аналізуючи умов виконання операції та не шукаючи шляхів економії металу. Сфера застосування цього методу – одиничне та дрібносерійне виробництво.

Використовуючи розрахунково-аналітичний метод, необхідно пам'ятати, що проміжний припуск Z_i на кожному технологічному переході повинен бути таким, щоб при його зніманні усувались похибки обробки та дефекти поверхневого шару, отримані на попередніх переходах (висота нерівностей – R_{zi-1} , глибина дефектного шару – T_{i-1} , просторові відхилення – ρ_{i-1} в розташуванні поверхні, що обробляється, відносно базових поверхонь заготовки), а також похибки встановлення ε_{yi} заготовки, що виникають на переході, який виконується.

Цей метод, розроблений проф. В.Н. Кованом, базується на врахуванні конкретних умов виконання технологічного процесу обробки. Він виявляє можливості економії металу та зниження трудомісткості механічної обробки.

Метод застосовують у серійному та масовому виробництвах, коли обробка ведеться на налагоджених верстатах за методом автоматичного отримання розмірів.

7.3. Визначення припусків на обробку та розмірів заготовки.

Згідно з розрахунково-аналітичним методом, мінімальні та максимальні значення припусків по кожному з технологічних переходів визначають за формулами:

- ✓ при послідовній обробці протилежних поверхонь:

$$\begin{aligned} z_{i\min} &= R_{z_{i-1}} + h_{i-1} + \rho_{\Sigma_{i-1}} + \varepsilon_i; \\ z_{i\max} &= z_{i\min} + T_{i-1} - T_i; \end{aligned} \quad (10)$$

- ✓ при паралельній обробці протилежних поверхонь:

$$\begin{aligned} 2z_{i\min} &= 2(R_{z_{i-1}} + h_{i-1} + \rho_{\Sigma_{i-1}} + \varepsilon_i); \\ 2z_{i\max} &= 2z_{i\min} + T_{i-1} - T_i; \end{aligned} \quad (11)$$

- ✓ при обробці зовнішніх та внутрішніх поверхонь обертання:

$$\begin{aligned} 2z_{i\min} &= 2(R_{z_{i-1}} + h_{i-1}) + \sqrt{\rho_{\Sigma_{i-1}}^2 + \varepsilon_i^2}; \\ 2z_{i\max} &= 2z_{i\min} + T_{i-1} - T_i. \end{aligned} \quad (12)$$

У цих формулах ρ та ε_{yi} є сумарними похибками різних просторових відхилень ρ_i , похибок базування $\varepsilon_{\delta i}$ та похибок закріплення $\varepsilon_{z i}$ відповідно.

Вибираючи числові значення R_z , h , ρ , ε_{δ} , ε_z та T , необхідно користуватись довідником технолога-машинобудівника.

Питання для самоперевірки

1. Наведіть методику розрахунково-аналітичного визначення припусків на механічну обробку.
2. Сформулюйте правила визначення допусків на розміри в технологічних операціях.
3. Дайте визначення припуску.
4. Як визначається припуск на обробку зовнішніх та внутрішніх поверхонь обертання?
5. Як визначається припуск при паралельній обробці протилежних поверхонь?

Література: [1 ст.511-512].

ЛЕКЦІЯ 8. Проектування технологічних процесів обробки деталей (продовження)

Вибір обладнання і різальних інструментів, пристроїв

- 8.1. Вибір обладнання (верстатів)
- 8.2. Вибір різальних інструментів
- 8.3. Вибір пристроїв
- 8.4. Вибір методів і засобів технічного контролю якості деталей

8.1. Вибір обладнання (верстатів)

Вибираючи верстати для діючого виробництва, орієнтуються на обладнання, яке є на підприємстві з урахуванням фактичного завантаження окремих його груп. Під час проектування технологічних процесів для нових підприємств технолог має керуватись лише економічними міркуваннями. Обладнання вибирають паралельно з розробкою маршруту механічної обробки. Згідно з класифікацією верстатів, запропонованою А. І. Каширіним, за ознакою широти використання верстатне обладнання поділяється на такі види:

- верстати широкого призначення (універсальні);
- верстати високої продуктивності;
- спеціалізовані верстати; - спеціальні верстати.

Універсальні верстати можуть бути з ручним керуванням і з числовим програмним керуванням (ЧПК). Верстати з ручним керуванням використовуються переважно в одиничному виробництві.

Верстати з ЧПК – це напівавтомати і автомати, всі робочі органи яких здійснюють робочі рухи відповідно до керувальної програми. Можливість швидкого переналагодження робить рентабельним застосування цих верстатів для обробки невеликих партій заготовок і навіть для виготовлення одиничних деталей складної конфігурації. Гнучкість верстатів з

ЧПК і простота їх включення в загальні системи керування від однієї ЕОМ у теперішній час роблять доцільним застосування таких верстатів і в умовах масового виробництва. Це пояснюється тим, що в сучасному масовому виробництві оновлення і зміна продукції, що випускається, відбувається досить часто.

Верстати високої продуктивності мають вужчі технологічні можливості у порівнянні з універсальними верстатами. Однак, завдяки підвищеній потужності і жорсткості, на них можна вести паралельну обробку декількома інструментами з підвищеними подачами і глибинами різання. До верстатів цього виду належать: фрезерноцентрувальні, багатошпindelні токарні автомати і напівавтомати, безцентрово-шліфувальні, карусельно- і барабанно-фрезерні та ін. Такі верстати призначені для використання в крупносерійному і масовому виробництві. Слід зазначити, що сучасні верстати високої продуктивності зазвичай оснащуються системами ЧПК.

Спеціалізовані верстати створюють на базі верстатів високої продуктивності доповнюючи їх додатковими вузлами та спеціальними верстатними пристроями, за допомогою яких вони можуть продуктивно виконувати конкретні технологічні операції в умовах масового виробництва.

Спеціальні верстати проектують і виготовляють на замовлення і використовують для виконання певних операцій тільки у масовому виробництві.

Під час вибору верстатів враховують такі фактори:

- вид чи види обробки, які мають виконуватись на операції, для якої вибирається верстат;
- габарити, маса і конфігурація деталі;
- точність забезпечуваних на операції розмірів;
- бажана продуктивність обробки; - можливість роботи на оптимальних режимах різання з необхідною подачею, швидкістю різання і потужністю.

8.2. Вибір різальних інструментів

Вибір різального інструменту для певної технологічної операції означає визначення для кожного з переходів типу і типорозміру інструмента, а також матеріалу і геометричних параметрів його різальної частини.

За ознакою широти використання різальні інструменти поділяють на універсальні (стандартизовані) і спеціальні.

Під час вибору різальних інструментів враховують такі фактори:

- тип виробництва;
- спосіб обробки;
- тип верстата;
- конфігурацію і розміри оброблюваної заготовки;
- форму і розміри оброблюваної поверхні;
- матеріал заготовки;
- вимоги до точності і шорсткості обробленої поверхні.

Тип виробництва впливає на вибір різального інструмента з економіко-організаційної точки зору. Наприклад, застосування спеціального багато-лезового інструменту у масовому виробництві є доцільним, оскільки за-трати на його виготовлення швидко компенсуються завдяки скороченню часу на обробку заготовок. В одиничному виробництві спеціальний інструмент використовують лише у випадках коли на наявному обладнанні, обробити заготовку універсальним інструментом неможливо. Слід зазначити, що використання верстатів з контурними системами ЧПК суттєво розширює можливості використання універсальних різальних інструментів для обробки складних фасонних поверхонь в одиничному і серійному виробництві.

Спосіб обробки, прийнятий для виконання на певному переході, визначає тип верстата.

Тип верстата впливає на вибір різального інструмента у тому відношенні, що він, з одного боку, визначає спосіб обробки, а з другого - спосіб базування і закріплення інструмента на верстаті і відповідно визначає конструкцію його посадкового місця.

Конфігурація і розміри оброблюваної заготовки впливають на розміри і конструкцію інструмента. Великогабаритні заготовки зазвичай вимагають для обробки інструментів великих типорозмірів.

Матеріал оброблюваних заготовок впливає на вибір матеріалу і геометричних параметрів.

Вимоги до точності і шорсткості обробленої поверхні впливають на вибір типу і конструкції інструмента геометрію його різальної частини.

В сучасному машинобудування широкого розповсюдження набули інструменти, різальна частина яких виконана з надтвердих матеріалів - композитів на основі полікристалів кубічного нітриду бора, мінералокераміки і штучних алмазів. Такі інструменти характеризуються високою стійкістю і забезпечують високу якість оброблених поверхонь. Їх застосовують переважно для чистової лезової обробки замість малопродуктивного і вар-тісного шліфування.

8.3. Вибір пристроїв

При виборі пристроїв керуються наступним. В одиничному і дрібносерійному виробництвах широко застосовують універсальні пристрої (патрони, лещата, ділильні універсальні головки, поворотні столи тощо). У великосерійному і масовому виробництвах застосовують головним чином спеціальні пристрої, які скорочують допоміжний і основний час більше, ніж універсальні, при більш високій точності.

Вибір пристроїв повинен базуватися на аналізі затрат на реалізацію технологічного процесу у встановлений проміжок часу при заданій кількості виробів. Аналіз затрат повинен передбачати порівняння варіантів пристроїв, що відповідають однаковим вимогам і забезпечують вирішення однакових завдань у конкретних виробничих умовах. При виборі оптимального варіанта пристрою повинні враховуватись: технічні вимоги на виготовлення деталі – кількість деталей та строки їх виготовлення; вимоги техніки безпеки та промислової санітарії; затрати на виготовлення пристрою. У практиці сучасного машинобудування сформувались такі системи пристроїв.

Універсально-збірні пристрої (УЗП) компонують з остаточно оброблених взаємозамінних стандартних універсальних елементів. Їх використовують як спеціальні пристрої короткочасної дії. Вони забезпечують встановлення та фіксацію заготовок у межах габаритних можливостей комплексу УЗП.

Спеціальні збірно-розбірні пристрої (СЗРП) – пристрої, які компонують зі стандартних елементів додатковою їх механічною обробкою і використовують як спеціальні необоротні пристрої тривалої дії з оборотних елементів.

Нерозбірні спеціальні пристрої (НСП) – пристрої, які компонують із застосуванням стандартних деталей та вузлів загального призначення як необоротні пристрої довготривалої дії з необоротних деталей та вузлів. Вони складаються з двох частин: уніфікованої базової частини та змінного налагодження. Пристрої цієї системи стійкі до змін конструкції оброблюваних заготовок та коригувань технологічних процесів. У випадку подібних змін необхідна лише заміна змінного налагодження. Пристрої цієї системи використовують при груповій обробці деталей.

Універсально-безналагоджувальні пристрої (УБП) – найбільш поширена система в умовах серійного виробництва. Ці пристрої забезпечують встановлення та фіксацію оброблених заготовок будь-яких виробів малого та середнього габариту. При цьому встановлення заготовок пов'язане з необхідністю контролю їх орієнтації в пристрої.

Такі пристрої забезпечують виконання широкої номенклатури операцій обробки заготовок.

Універсально-налагоджувальні пристрої (УНП) – пристрої які забезпечують встановлення за допомогою спеціальних налагоджень, фіксацію оброблюваних заготовок малого і середнього габариту та виконання широкої номенклатури операцій обробки заготовок. Застосовуються як пристрої короткочасної дії.

Спеціальні налагоджувальні пристрої (СНП) – пристрої, що забезпечують за певною схемою базування, встановлення за допомогою спеціальних налагоджень та фіксацію споріднених за конструкціями заготовок для виконання типових операцій.

Групування технологічних операцій, що здійснюється в серійному виробництві, виконується із врахуванням забезпечення раціонального завантаження кожного пристрою і на основі аналізу обсягів випуску виробів на заданий період (кількість виробів у партії і періодичність запусків, сумарна трудомісткість згрупованих на пристрій технологічних операцій).

При виборі пристроїв необхідно використовувати таку документацію: нормативно-технічну (стандарти на пристрої та їх деталі, стандарти на терміни і визначення технологічного оснащення); технічну (альбоми типових конструкцій пристроїв, каталоги і паспорти на технологічне обладнання, інструктивно-методичні матеріали щодо вибору технологічного оснащення).

8.4. Вибір методів і засобів технічного контролю якості деталей

Метрологічне забезпечення точності технологічного процесу вирішується по двох напрямках: організаційному і вибору засобів контролю на технологічних операціях.

Організаційний напрямок характеризується призначенням видів контролю:

- вхідного контролю якісних показників матеріалів і заготовок;
- операційного контролю на всіх стадіях виробництва;
- профілактичного контролю (нагляд за стабільністю технологічного процесу, станом обладнання, оснащення, інструменту і засобів вимірювання).

Розрізняють контроль: перших деталей при налагодженні верстата, операційний та кінцевий. Два останні можуть бути стовідсотковими або вибірковими.

Правила вибору технологічного оснащення процесів технологічного контролю регламентовані державними стандартами. У відповідності зі стандартом вибір засобів контролю базується на забезпеченні заданих показників процесу контролю і аналізу затрат на його реалізацію.

Встановлені обов'язкові показники процесу контролю: точність вимірювань, достовірність та трудомісткість контролю, вартість контролю. В залежності від специфіки виробництва і видів об'єктів контролю допускається використовувати інші показники контролю: похибку вимірювань, об'єм, повноту, періодичність, тривалість контролю тощо.

При виборі засобів контролю використовується конструкторська і технологічна документація на виріб, стандарти різного рівня на засоби контролю, каталоги і класифікатори засобів контролю та інші матеріали.

При розробці технологічного процесу, поряд з окремими операціями контролю, необхідно передбачити також елементи контролю, що входять в операції механічної обробки заготовки, які передують операціям контролю.

Для правильного вибору методів і засобів технологічного контролю необхідна обов'язкова оцінка впливу похибки вимірювання на результати контролю. В залежності від номінального розміру і допуску на виготовлення деталі за державними стандартами визначають гранично допустиму похибку вимірювання. Користуючись довідником з виробничого контролю, вибирають такий вимірювальний інструмент чи прилад, гранична похибка вимірювання якого не перевищує похибку вимірювання.

Контроль відхилень від прямолінійності та площинності виконують звичайно за допомогою перевірних лінійок і плит “на просвіт”, “на фарбу”, з використанням щупів і вимірювальних пристроїв, а також за допомогою автоколіматорів.

Перевірку відхилень від круглості циліндричних поверхонь в поперечному перерізі виконують на кругломірах.

Питання для самоперевірки

1. За якими правилами вибирається технологічне обладнання?
 2. За якими правилами вибирається технологічне оснащення (пристрої)?
 3. За якими правилами вибирається різальний та допоміжний інструмент?
 4. За якими правилами вибираються засоби технічного контролю якості деталей?
- Література: [1 ст.564-572], [2 ст.332-336], [3 ст.128-135], [3 ст.37-41].

ЛЕКЦІЯ 9. Встановлення режимів обробки

- 9.1. Визначення глибини різання.
- 9.2. Призначення подачі.
- 9.3. Визначення швидкості різання та частоти обертання шпинделя.
- 9.4. Визначення потужності різання.
- 9.5. Визначення основного машинного часу (часу виконання робочих ходів)

Режим різання металу містить такі основні елементи: глибину різання t , мм; подачу S , мм/об (мм/подв. хід); швидкість різання v , м/хв (частота обертання шпинделя верстата n , подв. хід/хв).

Вихідними даними при виборі режиму різання є:

– відомості про заготовку (креслення і технічні умови, вид заготовки, матеріал і його характеристики: марка, стан, механічні властивості); припуски та характер їх розташування; стан поверхневого шару (наявність кірки, окалин, зміцнення);

– дані про оброблювану деталь (робоче креслення, технічні умови); форма, розміри і допуски на обробку; допустимі відхилення від геометричної форми (овальність, конусність, огранка); допустимі похибки взаємного положення окремих поверхонь, вимоги до стану поверхневого шару, в тому числі і до шорсткості поверхонь;

– паспорти верстатів.

Елементи режимів різання повинні підбиратись так, щоб досягти бажаної продуктивності праці при найменшій собівартості операції. Ця вимога досягається використанням інструменту раціональної конструкції (правильно підібраний матеріал різальної частини, найвигідніша геометрія, достатня міцність та жорсткість), а також якщо верстат не обмежує його різальних можливостей. Таким чином, режими встановлюють, виходячи з особливостей оброблюваної деталі, характеристики різального інструменту і верстата. Спочатку встановлюють глибину різання, потім подачу і в останню чергу – швидкість різання.

9.1. Визначення глибини різання.

Глибина різання при однопрохідній обробці на попередньо налагодженому верстаті визначається величиною раніше розрахованого проміжного припуску на обробку даної поверхні. При багатопрохідній обробці глибину різання намагаються призначити найбільшу (але тут треба перевірити за можливостями інструменту), зменшуючи тим самим кількість проходів. На останніх проходах з метою забезпечення заданих точності та шорсткості поверхні глибина різання повинна бути мінімальною (але, треба пам'ятати, що призначити $t \leq 0,02$ мм – недоцільно).

9.2. Призначення подачі.

Подача при чорновій обробці призначається максимально допустима за паспортом верстата. При чистовій обробці подача обмежується необхідною точністю та шорсткістю поверхні. Бажання працювати з максимальними подачами зустрічає ряд технологічних обмежень. Так, наприклад, при грубій обдирній обробці максимально великі подачі можуть призвести до недопустимої вібрації або до поломки різального інструменту і навіть механізмів верстата. А тому при визначенні максимально допустимої подачі для чорнкової обробки необхідно враховувати жорсткість деталі, яка обробляється, надійність її закріплення на верстаті, міцність та жорсткість різального інструменту, а також деяких вузлів верстата.

Подачу визначають двома методами: – табличним – за таблицями (картами) згідно з; – аналітичним – за емпіричними формулами.

При табличному методі подачу для кожної стадії обробки призначають із врахуванням розмірів поверхні, яка обробляється, заданої точності та шорсткості поверхні, матеріалу, який обробляється, та вибраної на попередньому етапі глибини різання. Подачу, вибрану для чорнкової та напівчистої стадії обробки перевіряють згідно з міцністю механізмів верстата. Якщо вибрана подача не задовольняє цим умовам, то необхідно вибрану за нормативними даними подачу зменшити до величини, яка допустима міцністю механізму верстата. Подачу, вибрану для чистової та завершальної стадії обробки, перевіряють за умовами отримання потрібної шорсткості. В кінцевому випадку вибирають меншу з подач.

При аналітичному розрахунку режимів різання подачу для кожної стадії обробки визначають за емпіричними формулами, після чого за необхідності отримане значення подачі перевіряють згідно з обмежуючими факторами (жорсткістю технологічної системи, жорсткістю інструменту тощо).

9.3. Визначення швидкості різання та частоти обертання шпинделя.

Швидкість різання розраховують за формулами теорії різання (розрахунковоаналітичний метод) або встановлюють за нормативами режимів різання (дослідностатистичний метод). При аналітичному розрахунку швидкості різання орієнтуються на економічну стійкість різального інструменту. При табличному методі швидкість різання вибирають у відповідності з раніше визначеними параметрами інструменту, глибиною різання та подачею. Швидкість різання за видами робіт і типами інструментів у нормативах дана на обробку сталей конструкційних вуглецевих і легованих, сталей жароміцних, корозійно стійких, жаростійких, чавуну сірого і кувального та алюмінієвих сплавів. Вибрану за відповідними картами з нормативів швидкість різання коректують поправними коефіцієнтами з відповідних карт в залежності від граничних факторів. За швидкістю різання визначають частоту обертання шпинделя (або число подвійних ходів стола, повзуна). Ці величини узгоджують з паспортними даними верстата і приймають ближчі менші. За прийнятою частотою обертання шпинделя (подвійних ходів повзуна) визначають дійсну швидкість різання.

Частота обертання шпинделя верстатів для лезової обробки зазвичай регулюється в широких межах. В універсальних верстатах з ручним керуванням частота обертання шпинделя змінюється ступінчасто і тому визначивши швидкість різання v за нормативами потрібно за формулою

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d}, \quad (9.1)$$

де d – діаметр (в мм) оброблюваної поверхні або різального інструмента, знайти розрахункову частоту обертання шпинделя і потім, згідно з паспортними даними верстата, вибрати її найближче менше значення.

У більшості верстатів з ЧПК частота обертання шпинделя регулюється безступінчасто у заданих паспортними даними верстата межах. Тому визначивши значення n за формулою (13), його слід округлити в меншу сторону до цілого числа і перевірити чи входить воно в можливий діапазон. Якщо розрахункове значення n перевищує верхню межу діапазону, то воно зменшується до цієї межі.

У токарних верстатах з ЧПК в керувальній програмі можна задавати або частоту обертання шпинделя або швидкість різання. Задання швидкості різання є особливо зручним для точіння ступінчастих поверхонь валів, торцевих поверхонь фланців тощо. Швидкість різання для всіх видів шліфування згідно з можна брати в межах 30...35 м/с. Для круглошліфувальних, безцентрово-шліфувальних та плоскошліфувальних верстатів частоту обертання шліфувального шпинделя можна не визначати, оскільки у цих типів верстатів вона зазвичай не регулюється. Для таких верстатів за нормативами визначається колова швидкість заготовки (в м/хв) і потім, за формулою (13) — частота обертання шпинделя бабки заготовки.

9.4. Визначення потужності різання.

Режими різання на чорнових операціях повинні перевірятись за потужністю двигуна верстата або допустимим обертальним моментом. Потужність, аналогічно подачі та швидкості різання, теж визначається двома методами: табличним і аналітичним. При табличному методі потужність різання визначають за картами з нормативів в залежності від матеріалу, який обробляється, глибини різання, подачі, виду обробки тощо. Вибрана за довідковими картами потужність різання коректується поправними коефіцієнтами з відповідних карт в залежності від граничних факторів.

Після визначення таким чином потужності різання $N_{рз}$ її перевіряють за паспортними даними верстата. Необхідно, щоб витримувалась нерівність:

$$N_{рз} \leq N_{шп} \quad (9.2)$$

при тому, що потужність на шпинделі:

$$N_{шп} = N_{дв} \cdot \eta, \quad (9.3)$$

де η – коефіцієнт корисної дії верстата.

Якщо $N_{рз} < N_{шп}$ – обробка можлива, а якщо вибрані режими обробки не допускаються потужністю верстата, то необхідно їх відповідно зменшити або прийняти інший верстат, коли це можливо. При аналітичному методі потужність різання в залежності від виду обробки визначається за емпіричними формулами, після чого її перевіряють за паспортними даними верстата аналогічно, як при табличному методі.

При роботі на свердлильних верстатах визначають обертальний момент та осьову силу. При табличному методі визначення режимів різання обертальний момент $M_{об}$, та осьову силу P_o визначають за таблицями (картами) з нормативів в залежності від виду обробки. При аналітичному методі для цього використовують емпіричні формули. За отриманими значеннями $M_{об}$ та P_o перевіряють, порівнюючи з паспортними даними верстата, чи можлива обробка при знайдених режимах різання.

9.5. Визначення основного машинного часу (часу виконання робочих ходів)

Основний технологічний час визначають розрахунком для кожного технологічного переходу:

$$T_o = \frac{l_1 + l_2 + l_3 \cdot z}{n \cdot S \cdot t}, \text{ хв}, \quad (9.5)$$

де Z – припуск на обробку для даного переходу;

t – глибина різання, тобто товщина шару матеріалу, що зрізається за один прохід;

l_1 – розмір поверхні, що обробляється, в напрямку подачі для конкретної операції (при одноінструментній обробці) – величина постійна, визначається з креслення деталі;

l_2 – величина врізання та перебігу інструменту. В більшості випадків величина l_2 порівняно невелика, хоча бувають виключення, наприклад, при малій величині l_1 або при великому значенні t зубофрезерування, чистова обробка торцьовою фрезою;

l_3 – додаткова довжина на зняття пробної стружки, $l_3 = 12 \dots 15$ мм; при налагодженому верстаті, коли забезпечується отримання потрібного розміру $l_3 = 0$.

Таким чином, з формули для визначення основного часу виходить, що L , тобто повний шлях інструменту чи деталі в напрямку подачі (для конкретного переходу) – величина постійна. Мінімальне значення основного часу (максимальна продуктивність) досягається при оптимальному співвідношенні n і S , тобто у випадку, коли хвилинна подача $S_{xv} = S_n$, в мм/хв, буде максимальною. Конкретно за видами обробки формули для визначення основного часу наведено в довідниках.

Питання для самоперевірки

1. Наведіть методику розрахунку режимів різання?
2. Чим відрізняється призначення режимів різання для чистової обробки від призначення режимів різання для чорнової обробки?
3. Як визначається основний технологічний час?
4. Як визначається потужності різання?
5. Як визначається частота обертання шпинделя?

Література: [1 ст.580-582], [7 ст.580-582]

ЛЕКЦІЯ 10. Норма часу та її структура

- 10.1. Зміст і завдання нормування праці.
- 10.2. Структура технічної норми часу.
- 10.3. Методи нормування праці.
- 10.4. Способи вивчення витрат робочого часу.

10.1. Зміст і завдання нормування праці.

На продуктивність праці впливає цілий ряд факторів: організаційні, технічні, матеріальні та соціальні. Серед організаційних факторів важливе значення має технічне нормування праці.

До функцій, які здійснює держава в умовах ринкової економіки, не належить централізований контроль над мірою праці шляхом установлення норм трудових витрат на міжгалузевому і галузевому рівнях. Уся робота з нормування праці перекладається на рівень підприємств, відповідно, її успіх цілком залежить від традицій, що сформувалися на них, ініціатив і ставлення до цієї проблеми їх керівників. Роль держави у сфері нормування обмежується в основному законодавчим регулюванням, а також тарифним нормуванням, включаючи положення кваліфікаційних довідників, переліків професій (посад), класифікаторів. Незалежно від прийнятих умов господарювання нормування праці є єдиним інструментом, за допомогою якого можна обґрунтовано визначати необхідну кількість працівників і кількість робочих місць, планувати використання робочого часу, оцінювати досягнутий рівень продуктивності (ефективності) праці робітників та наявних резервів його зростання, забезпечувати адекватність рівня оплати праці кількості та якості виконуваних робіт чи функцій.

Технічне нормування праці – науковий метод вивчення трудових процесів, розробка заходів щодо їх вдосконалення та встановлення на цій основі науково обґрунтованих норм праці.

Норма праці являє собою конкретну міру праці. Головна мета трудових норм полягає в тому, що вони дають змогу встановлювати та регулювати відповідність між трудовим внеском, результатом праці та винагородою за неї, яка виступає у вигляді заробітної плати. Отже норма праці є основою раціональної організації заробітної плати.

Під нормуванням праці розуміють методи і прийоми для визначення технічно обґрунтованих норм часу і норм виробітку для виконання тих або інших робіт на підприємстві.

При розробці технічно обґрунтованих норм проводиться старанний аналіз організації праці на кожному робочому місці, дільниці, цеху, виробництві, після чого вибираються найбільш прогресивні технологічні режими обладнання, найкращі способи і послідовність виконання кожного конкретного виду робіт.

При розробці і встановленні технічно обґрунтованих норм проводять розподіл виробничого процесу на його складові частини: операції, проходи, робочі прийоми, трудові дії, трудові рухи, переходи.

Трудові норми широко застосовують у плануванні господарської діяльності підприємств. Вони становлять значну частину нормативної бази виробничих завдань і використовуються для обґрунтування виробничої програми та потужності підприємства, чисельності працівників, фондів їх заробітної плати, необхідної кількості обладнання

10.2. Структура технічної норми часу.

Технічна норма часу – це кількість робочого часу, що необхідно витратити на обробку одиниці продукції чи виконання одиниці обсягу робіт на певній операції при найбільш ефективному використанні всіх засобів виробництва. У серійному виробництві технічна норма часу складається із підготовчо-заключного часу $t_{п.з.}$ та поштучного часу $t_{шт.}$ на партію виробів n :

$$T_{ум-к} = t_{п.з.} + t_{ум.к} / n, \text{ хв}, \quad (10.1)$$

Підготовчо-заключним називається час, який використовує виробник на підготовку цієї роботи і на виконання дій, необхідних для її закінчення. До них належать: одержання і здача технічної документації, матеріалів і запасних частин, інструментів і пристроїв тощо; ознайомлення з роботою; підготовка робочого місця до виконання цієї роботи; налагодження устаткування; встановлення і зняття пристроїв та інструментів; здача виконаних робіт.

Поштучний час складається з операційного часу $t_{оп.}$, часу обслуговування робочого місця $t_{об.}$, часу відпочинку і природних потреб $t_{від.}$:

$$t_{ум} = t_{оп} + t_{об} + t_{від}, \text{ хв}, \quad (10.2)$$

Операційний час – це час, який витрачається безпосередньо на виконання заданої роботи або операції. Операційний час повторюється з кожною одиницею виробу або через визначене число цих виробів. Він складається з основного $t_{осн.}$ (технологічного) часу і допоміжного часу $t_{доп.}$:

$$T_{оп} = t_{осн} + t_{доп}, \text{ хв}, \quad (10.3)$$

Таким чином, норма поштучного часу в розгорнутому вигляді може бути представлена формулою:

$$t_{ум} = t_{о} + t_{доп} + t_{о.мех} + t_{о.опр.} + t_{від}, \text{ хв}, \quad (10.4)$$

Норма виробітку – це величина обернена нормі часу. Зі зміною норми часу змінюється і норма виробітку. Залежність між зміною норми часу і зміною норми виробітку може бути виражена таким чином:

$$a = 100 \cdot b / (100 + b), \quad b = 100 \cdot a / (100 - a), \quad (10.5)$$

де a – зменшення норми часу, %; b – збільшення норми виробітку, %.

У тих випадках, коли основний та допоміжний час є ручним, його тривалість визначають за нормативами на окремі елементи роботи, одержані на основі даних хронометражу.

3. Методи нормування праці.

При нормуванні праці використовуються два методи: аналітичний, який у свою чергу поділяється на аналітично-розрахунковий і аналітично-експериментальний, та дослідно-статистичний. При аналітично-розрахунковому методі норму часу розраховують на основі поглибленого аналізу технологічного процесу та розділенням його на елементи.

Аналітично-експериментальний метод технічного нормування відмінний від розрахунково-аналітичного тим, що при його застосуванні розрахована розрахунково-аналітичним методом норма часу проходить спеціальну дослідну перевірку і аналіз у виробничій обстановці шляхом проведення замірів фактичних витрат часу і вивчення порядку виконання 100 елементів операції; при цьому норма часу спочатку уточнюється, а лише потім впроваджується. Суть дослідно-статистичного методу нормування полягає в тому, що норму часу розраховують на основі дослідних або звітно-статистичних даних за минулі періоди часу. Цей метод не досконалий, він не враховує змін у техніці та технології виробництва і організації праці на підприємстві. Застосування дослідно-статистичних норм часу не стимулює зростання продуктивності праці.

Хронометражем називається спостереження і вивчення витрат елементів оперативного часу, які проводяться безпосередньо на робочому місці шляхом вимірів витрат часу і аналізу умов виконання окремих елементів операції, що повторюються. На основі хронометражних спостережень розробляються нормативи допоміжного, машинно-ручного та ручного основного часу; вивчаються прийоми і методи праці новаторів і передовиків виробництва з метою передачі і впровадження їх досвіду; перевіряються та уточнюються технічні норми часу, встановлені розрахунково-аналітичним методом.

Питання для самоперевірки

1. Що таке технічне нормування праці? Які роботи воно включає?
2. Склад технічної норми часу. Визначення підготовчо-заключного часу.
3. Охарактеризуйте сутність основного та допоміжного часу.
4. Які є методи нормування праці? У чому вони полягають?
5. Характеристика хронометражу, порядок його проведення.
6. Сутність фотографії робочого дня.

Література: [5, с. 128-145]

ЛЕКЦІЯ 11. Технологія обробки ступінчастих валів.

- 11.1. Службове призначення валів
- 11.2. Класифікація ступінчастих валів
- 11.3. Матеріали та способи отримання заготовок для ступінчастих валів
- 11.4. Технологія обробки ступеневих валів

11.1. Службове призначення валів

Вали широко використовуються у вузлах та механізмах для передачі обертового руху.

В загальному машинобудуванні зустрічаються вали безступінчасті та ступінчасті, суцільні та пустотілі, гладкі та шліцові, вали-шестерні, а також комбіновані у

різноманітному сполученні. За формою геометричної осі вали можуть бути прямими, колінчастими, кривошипними та ексцентриковими (кулачковими).

Вали різноманітні за службовим призначенням, конструктивній формі, розмірам та матеріалам. Не дивлячись на це, технологу при розробці технологічного процесу виготовлення валів доводиться вирішувати багато однотипних задач. Тому є доцільним користуватися типовими процесами, що розроблені на базі класифікації.

11.2. Класифікація ступінчастих валів

Найбільш поширені в машинобудуванні, у тому числі у верстатобудуванні, різноманітні ступінчасті вали середніх розмірів, серед яких мають перевагу гладкі. Більш 85 % загальної кількості типорозмірів ступінчастих валів в машинобудуванні складають вали довжиною 150 - 1000 мм.

Основними конструктивними різновидами деталей розглядуваного типу є *вали*: гладкі, ступеневі й фланцеві. Найбільше розповсюджені ступеневі вали, які виконують із стовщеною частиною посередині чи з одного кінця.

Фланцеві вали зустрічаються переважно у важкому машинобудуванні (гідротурбобудуванні) і виготовляються звичайно порожнистими. Особливу групу складають колінчасті й кулачкові вали. Залежно від потрібної точності обробки посадочних розмірів розрізняють чотири види валів: особливо точні, підвищеної, нормальної та зниженої точності.

Шийки валів можуть мати шпоночні пази, шліци або різьбу. При переході від одного ступеня до іншого передбачаються канавки чи галтелі.

Враховуючи, що обробка галтелі дуже складна, в усіх випадках, коли це допустимо, треба передбачати канавки. З технологічних міркувань торці вала доцільно забезпечувати фасками.

Вал може бути *жорстким* або *нежорстким* залежно від відношення його довжини l до величини діаметра d . Прийнято вважати вали жорсткими, для яких $l < 15d$, і нежорсткими – $l > 15d$.

11.3. Матеріали та способи отримання заготовок для ступінчастих валів

Вали в основному виготовляють з конструкційних та легованих сталей.

Ці сталі повинні мати високу міцність, добру оброблюваність, малу чутливість до концентрації напруг, а для підвищення зносостійкості повинні підлягати термічній обробці. Таким вимогам найбільш повно відповідають конструкційні сталі 35, 40, 45, 40Х, 50Х, 40Г2, азотовані 38ХМЮА і цементовані 12Х2Н4А, 12ХН3А та інші. Леговані сталі в порівнянні з конструкційними використовують не так часто через те, що вони більш коштовні, а також мають підвищену чутливість до концентрації напруг.

Продуктивність механічної обробки валів залежить від виду матеріалу, розмірів та конфігурації заготовки, а також характеру виробництва.

Заготовки отримують відрізанням від гарячекатаних або холоднокатаних прутків та відразу ж піддають механічній обробці. Заготовки такого типу використовують у дрібносерійному та одиничному виробництві, а також при виготовленні валів з невеликою кількістю ступенів і незначною різницею їх діаметрів.

Вибір способу отримання заготовки визначається з урахуванням техніко-економічної доцільності.

11.4. Технологія обробки ступеневих валів

Технологічний процес обробки та використовуване обладнання залежать від конфігурації, розмірів і жорсткості валів, а також обсягу випуску. Нижче розглянемо

технологію обробки ступеневих і гладких валів. При однобічному розміщенні ступенів і довжини валів до 120мм обробку здійснюють на пруткових револьверних верстатах або на токарно-гвинторізному верстаті, виконуючи при цьому усі чорнові та чистові переходи до відрізки деталі. Обточування кінця вала під різьбу здійснюється за допомогою люнетної тримачки, що зменшує вібрацію та віджим прутка під час обробки.

Технологія обробки нежорстких валів ускладнюється через введення додаткових операцій проточування та шліфування шийки під люнет, а також проміжної правки у випадку, коли вона допускається технічними умовами. При кожному технологічному переході механічної обробки заготовки похибка її закономірно зменшується.

Чорнове й чистове обточування в масовому й великосерійному виробництві виконують на токарних багатшпіндельних вертикальних напівавтоматах, одношпіндельних багаторізцевих напівавтоматах, а також токарних гідрокопіювальних.

У серійному та дрібносерійному виробництві для виконання аналогічних операцій механічної обробки застосовують токарні гідрокопіювальні напівавтомати, токарні верстати, обладнані гідрокопіювальними супортами, а також звичайного типу.

Питання для самоперевірки

1. Наведіть класифікацію валів з конструктивних міркувань та точності
 2. Які застосовують методи отримання заготовки валів для різних типів виробництва?
 3. У чому полягає технологічний процес обробки ступеневих валів?
 4. Назвіть технологічне обладнання для виконання механічної обробки вала
- Література: [8, с 390 – 411]

ЛЕКЦІЯ 12. Технологія обробки ступінчастих валів.

- 12.1. Токарна обробка ступінчастих валів.
- 12.2. Обробка шпонкових канавок на ступінчастих валах
- 12.3. Обробка шліців на ступінчастих валах
- 12.4. Нарізання різьби на валах
- 12.5. Методи нарізання черв'яків, циліндричних та конічних зубів валів-шестерень
- 12.6. Шліфування шийок, торців валів та шліців.
- 12.7. Накатування рифлень

12.1. Токарна обробка ступінчастих валів.

Зовнішні поверхні ступінчастих валів обточують на токарних, токарно-копіювальних, горизонтальних багаторізцевих верстатах, на вертикальних одношпіндельних та багатшпіндельних автоматах, а також на верстатах з ЧПУ. Деталі встановлюють в центрах верстата або закріплюють у патроні чи на планшайбі. Заготовки коротких деталей, поковки, штамповки, відливки закріплюють у трьохкулачкових і менш часто у чотирьохкулачкових патронах. Вали з відношенням довжини до діаметра більш 12 обточують з використанням рухомих та нерухомих люнетів.

Принцип концентрації операцій при токарній обробці здійснюється при обточуванні одночасно декількох поверхонь декількома інструментами на багаторізцевих верстатах. Такі верстати – напівавтомати широко використовуються у серійному та масовому виробництві. Зазвичай на багаторізцевих верстатах є два супорти – передній та задній. Передній супорт призначений для поздовжнього обточування заготовок. Задній супорт призначений для підрізання торців, прорізання канавок, фасонного обточування. Кількість різців на багатомісцевих супортах може досягати 20. Багаторізцеві верстати з великою відстанню між центрами мають два передніх і два задніх супорти. Рухи супортів автоматизовані.

Ступінчасті вали обробляють на токарних гідро-копіювальних напівавтоматах. Такі верстати легко вмонтовуються в автоматичні лінії. Обточують вали зазвичай одним різцем,

який розташований у верхньому супорті, що переміщується по копіру. Підрізні або канавкові різці розташовуються у нижньому супорті. Верстат налаштовують на розмір тільки по одній шийці вала, оскільки отримання інших розмірів забезпечується копіром та стежною системою верстата. Обточувати вали на гідро-копіювальних верстатах можна за 1,2,3 та 4 проходи. Кожний прохід здійснюється по окремому копіру. Після кожного проходу супорт з різцем переміщується у початкове положення, а барабан, на якому встановлені всі копіри, обертається у відповідне положення.

12.2. Обробка шпонкових канавок на ступінчастих валах

Шпонкові канавки на валах виготовлюють для призматичних та сегментних шпонок. Шпонкові канавки для призматичних шпонок можуть бути закритими з двох сторін (глухі), закритими з однієї сторони та крізними.

Шпонкові канавки виготовлюють різними способами в залежності від конфігурації канавки та виду використовуваного інструменту. Вони виготовляються на горизонтально-фрезерних або вертикально-фрезерних верстатах загального призначення або спеціальних.

Крізні та закриті з однієї сторони шпонкові канавки виготовляють фрезеруванням дисковими фрезами. Фрезерування канавки відбувається за один-два проходи. Цей спосіб найбільш продуктивний і забезпечує достатню точність ширини канавки. Використання цього способу обмежує конфігурація канавок: закриті канавки з закругленнями на кінцях не можна виготовити цим способом. Такі канавки виготовляються кінцевими фрезами за один або декілька проходів. Фрезерування кінцевою фрезою за один прохід відбувається таким чином: спочатку фреза при вертикальній подачі проходить на повну глибину канавки, а потім вмикається повздовжня подача, на якій шпонкова канавка фрезерується на повну довжину. При цьому способі потрібен потужний верстат, місце закріплення фрези та рясне охолодження. Цей спосіб дає неточний розмір канавки за шириною внаслідок зносу діаметру фрези.

Для отримання за шириною точних канавок застосовуються спеціальні шпонково-фрезерні верстати з маятниковою подачею, що працюють кінцевими двоспіральними фрезами з лобовими різальними кромками. При цьому способі фреза врізається на 0,1 - 0,3 мм і фрезерує канавку на всю довжину, потім знову врізається на ту ж глибину і фрезерує канавку знову на всю довжину, але в іншому напрямку і так далі. Цей метод є найбільш раціональним для виготовлення шпонкових канавок в серійному та масовому виробництві. Недоліком цього способу є значно більша витрата часу на виготовлення канавки в порівнянні з фрезеруванням за один прохід і тим паче з фрезеруванням дисковою фрезою. Крізні шпонкові канавки валів можна обробляти на стругальних верстатах. Канавки на довгих валах стругають на поздовжньо-стругальних верстатах. Канавки на коротких валах стругають на поперечно-стругальному верстаті. Ці способи поширені в індивідуальному та дрібносерійному виробництві. Шпонкові канавки під сегментні шпонки виготовляють фрезеруванням за допомогою кінцевих дискових фрез.

12.3. Обробка шліців на ступінчастих валах

Шліці на валах виготовляють: фрезеруванням з наступним шліфуванням, шліцьонакатуванням, протягуванням, шліцьоструганням. У неавтоматизованому серійному виробництві зазвичай нарізують шліці на шліцьофрезерних або зубофрезерних верстатах черв'ячною фрезою методом обкатування. Нарізати шліці можна за один або два робочих хода в залежності від потрібної точності. Можна використовувати багатозахідну черв'ячну фрезу для чорнового фрезерування, яка збільшує продуктивність, але потрібної точності не дає. Шліці валів невеликих діаметрів (до 100 мм) фрезерують за один прохід, великих діаметрів - за два проходи. Чорнове фрезерування шліців, в особливості великих діаметрів інколи проводиться фрезами на горизонтально-фрезерних верстатах, що мають подількові механізми. Методом копіювання виготовляють шліці за допомогою шліцьової дискової

фрези; розподільно за допомогою трьох фрез (спочатку двома фрезами фрезерують бокові поверхні шліців, а потім третьою фрезою внутрішню поверхню шліців); двома дисковими фасонними фрезами. Чистове фрезерування шліців дисковими фрезами дозволяється у випадку відсутності спеціального верстата або інструмента, тому що воно не дає достатньої точності за кроком і ширині шліців. Існує метод нарізання прямо бічних шліців попереднім фрезеруванням фасонними дисковими фрезами і чистовим фрезеруванням бокових поверхонь шліців торцевими фрезами, оснащеними пластинами із твердого сплаву. Стругання шліців на валах відбувається набором фасонних різців, збираних у головці.

12.4. Нарізання різьби на валах

У конструкціях валів зустрічаються зовнішні та внутрішні кріпильні різьби. Внутрішні різьби на валах зазвичай нарізують машинними мітчиками та різбовими різцями на різьбонарізних, свердлильних, револьверних, агрегатних напівавтоматах та автоматах, а також токарних, фрезерних верстатах та багато-операційних верстатах з ЧПУ. Верстати повинні мати швидкий реверс шпинделя для швидкої зміни напрямку робочого обертання на зворотне, коли різьба буде нарізана до потрібної глибини. При нарізуванні глухих різьб для точної зупинки руху подачі та обертання мітчика використовують патрони, що самі вимикаються. Зовнішні різьби на валах нарізують плашками, різбовими фрезами, різьбонарізними головками, гребінками, різбовими різцями, а також формуються накатуванням (один із методів пластичного деформування). Різьбу накатують інструментом з плоскою (плашки, рейки) та круглою (ролики) робочою частиною. Калібровку різьби виконують плашками з доведеними різальними кромками.

12.5. Методи нарізання черв'яків, циліндричних та конічних зубів валів-шестерень

Гвинтова поверхня циліндричних черв'яків в залежності від серійності може бути нарізана за допомогою профільних різців на токарно-гвинторізних верстатах або за допомогою дискових фрез – на універсально-фрезерних, різьбофрезерних та спеціальних верстатах.

Фрезерування дисковими фрезами в основному застосовують для чорнового нарізання витків черв'яка. У цьому випадку використовують фрези з прямо лінійним профілем. Остаточне нарізання гвинтової поверхні рекомендується виконувати різцями з прямолінійною різальною кромкою. Потрібний профіль витка забезпечується при цьому відповідною установкою різця.

Основний метод обробки циліндричних зубів – зубофрезерування. Зубофрезерування виконують черв'ячною фрезою на одношпindelних та двошпindelних зубофрезерних верстатах за один або два проходи. У випадку, коли немає вільного виходу фрези, використовують зубодовбання. Існує також гаряче та холодне накатування зубів. Конічні зубчата виготовляють фрезеруванням дисковими та пальцевими модульними фрезами за методом копіювання на спеціальних та фрезерних верстатах. Дискові фрези використовують для чорнового нарізання прямих зубів в умовах крупносерійного виробництва та для чистового нарізання невеликих зубів невисокої точності в одиничному виробництві.

12.6. Шліфування шийок, торців валів та шліців

Найбільш відповідальними операціями, що впливають на якість валу є операції чистової обробки шийок та їх торців. Точність вказаних поверхонь досягається шліфуванням в умовах одиничного та серійного виробництва на універсальних шліфувальних верстатах та шліфувальних верстатах з ЧПУ, в умовах крупносерійного та масового виробництва – на безцентрово-шліфувальних, торцекруглошліфувальних, багатокругових верстатах, а також верстатах з декількома шліфувальними бабками.

Існують два способи круглого шліфування: шліфування з поздовжньою подачею та шліфування з поперечною подачею (врізне); а також три схеми круглого шліфування: з поздовжньою подачею, з поперечною подачею, шліфування торців та шийок валу.

Відповідальні поверхні валів підлягають: притирці, суперфінішуванню, поліруванню, обкатці роликками. Притирку використовують для покращення точності форми, зменшенню шорсткості та хвилястості. Суперфінішування використовують для зменшення параметрів шорсткості поверхні. Полірування виконують також з метою зменшення шорсткості обробленої поверхні та надання їй дзеркального блиску. Обкатування (пластичне деформування мікронерівностей) роликками призводить до підвищення твердості поверхневого шару, виникнення стискаючих напруг, зменшення параметрів шорсткості і, як наслідок, покращення експлуатаційних властивостей виробу.

У випадку центрування шліцьових валів по зовнішньому діаметру шліфують тільки зовнішню циліндричну поверхню вала на звичайних шліфувальних верстатах. У випадку центрування шліцьових валів по внутрішньому діаметру шліці шліфують за дві окремі операції. У першій операції шліфують тільки впадини по внутрішньому діаметру, а у другій операції – бокові сторони шліців. Вал дискретно обертається після кожного подвійного ходу стола верстата. Для об'єднання двох операцій в одну використовують верстати, на яких шліці шліфують одночасно двома кругами: один шліфує впадину, а два інших – бокові поверхні шліців. Існує також спосіб шліфування внутрішньої та бокових поверхонь шліців одночасно фасонним кругом.

12.7. Накатування рифлень

У деяких випадках на гладких валах виконують накатування рифлень за допомогою накатних загартованих роликів на універсальних верстатах або спеціальних накатних верстатах. Накатка буває прямою та перехресною, крупною, середньою або мілкою в залежності від розмірів зубчат на роликках.

Питання для самоперевірки

1. Сформулюйте службове призначення, конструктивні різновиди та технічні умови на виготовлення ступінчастих валів.
2. Які матеріали та способи одержання заготовок застосовуються для виготовлення ступінчастих валів?
3. Накресліть основні схеми базування ступінчастих валів при їх обробці.
4. Складіть типовий технологічний маршрут обробки багатоступінчастого вала.
5. Охарактеризуйте методи токарної обробки ступінчастих валів в умовах одиничного та дрібносерійного виробництва.
6. Охарактеризуйте методи токарної обробки ступінчастих валів в умовах великосерійного та масового виробництва.
7. Охарактеризуйте методи шліфувальної обробки валів в умовах різних типів виробництва.
8. Якими технологічними методами нарізаються на валах шпонкові канавки та шліці?
9. Якими технологічними методами нарізається на валах різь?

Література: [2, с 812 – 829]

ЛЕКЦІЯ 13. Технологія виробництва деталей класу «Диски»

- 13.1. Загальні відомості.
- 13.2. Чорнова і чистова обробка.
- 13.3. Оздоблювальна обробка.

13.1. Загальні відомості.

До деталей класу «Диски» відносяться шківні різноманітної форми, фланці, кришки, кільця, поршні, циліндричні і черв'ячні колеса і т.п.

Деталі цього класу відрізняються від деталей класу «Втулок» відношенням довжини l циліндричної частини до зовнішнього діаметру d : $l/d < 0,5$.

Технічні умови на виготовлення розрізняються залежно від виду і призначення деталей в досить широкому діапазоні величин.

Матеріал. Шківні, фланці, поршні виготовляють здебільшого з чавуну Сч15-32. Шківні також виготовляють з алюмінію і пресованого текстоліту або бакеліту з наповнювачем, зварні шківні - зі сталі. Обід - з Ст3, ступиця - зі сталі 45. Кільця поршневі - зі спеціального чавуну і сталевий стрічки.

Заготовки в більшості випадків застосовують штучні - литі, ковані, штамповані.

Припуски на обробку залежать від способу отримання заготовки. Для литих дисків середнього розміру (діаметром 250 - 350 мм) при лиття в піщані форми припуски отримують близько 5-6 мм на сторону, при лиття в кокіль - 2-3 мм. Для штампованих заготовок - в межах 2-4 мм на сторону.

Технологічні бази. У більшості випадків на першій операції базується по необробленій зовнішній циліндричній поверхні, на подальших операціях - по обробленому отвору і торцю.

Основними операціями при обробці дисків (до обробки зубів) складаються в отриманні точного центрального отвору, шпонкових і шліцьових канавок, точної зовнішньої поверхні і торців, перпендикулярних до осі.

Другорядні операції - це свердління дрібних мастильних отворів, нарізування в них різьблення, іноді зенкування отворів під різьбу або під головки гвинтів, виготовлення дрібних канавок, виточок, фасок, фрезерування лисок і інше.

Технічні вимоги на виготовлення деталей: - точність центрального отвору - 7 - 9 квалітети; - радіальне биття зовнішньої поверхні ободу - 0,03 - 0,04 мм; - торцеве биття стипиці - 0,02 - 0,03 мм на радіусі 50мм; - торцеве биття ободу - 0,04 - 0,06 мм на радіусі 250 мм; - шорсткість поверхні отвору - 1,25 - 0,63 мм; - шорсткість поверхні ободу - 25 - 2,5 мкм; - непаралельність шпонкової канавки вісі обертання - 0,03 мм на довжину 100мм. Технічні вимоги на виготовлення деталей вказуються на кресленні деталі і можуть відрізнятися від приведених.

13.2. Чорнова і чистова обробка.

Найбільш трудомісткою попередньої операцією обробки деталей цієї групи є токарна обробка при закріпленні заготовки в патроні. У серійному виробництві ці операції виконуються на верстатах з ЧПК. Для обробки основних зовнішніх поверхонь з утворенням прямих уступів застосовують прохідні прорізні різці:

Для обробки внутрішніх основних поверхонь використовують центрові свердла, розточувальні різці^о Зенкери і розгортки в більшості випадків не застосовують (іноді при великій партії деталей). Для обробки глухих отворів застосовують перові або спіральні свердла.

Для утворення зовнішніх і внутрішніх додаткових поверхонь необхідні прорізні різці, різці для кутових канавок, різьбові різці.

Переходи при обробці деталей з закріпленням в кулачковому трикулачній патроні виконують в наступному порядку

1. Центрування (якщо діаметр отвору < 20 мм).
2. Свердління
3. Чорнова обробка основних поверхонь
4. Підрізання зовнішнього торця (для поковки, штампування зрізання припуску на всіх торцях); обточування зовнішніх поверхонь; растачивание внутрішніх поверхонь.

5. Чорнова і чистова обробка додаткових поверхонь. У тих випадках, коли чорнову і чистову обробку додаткових поверхонь виконують одним різцем, всі додаткові поверхні формують після чистової обробки.

6. Чистова обробка внутрішніх і зовнішніх основних поверхонь.

7. Обробка внутрішніх і зовнішніх поверхонь в тому числі торцевих додаткових поверхонь, які не потребують чорнкової обробки (включаючи відрізу).

Найбільш ефективні траєкторії обробки, при яких досягається висока надійність роботи інструменту з найменшим числом робочих ходів.

В штампування припуск на чорнову обробку зрізують за один хід, крім окремих напусків, які видаляють за велике число ходів.

Контурні різці при чистової обробки переміщують, як правило, по контуру незалежно від виду використовуваної заготовки.

При токарній обробці на верстатах з ЧПУ можна забезпечити точність зовнішнього діаметра і отвори по 7 квалітету, а при автоматичній налагодження - по 6 квалітету, $R_a = 1,6$ мкм, допуск співвісності отвору і зовнішньої поверхні в межах - 8; 9 квалітетів.

Іноді деталі цього типу мають внецентровие, приєднувальні отвори. В умовах серійного виробництва ці отвори доцільно отримувати на свердлильних або свердлильно-фрезерних верстатах з ЧПК.

13.3. Оздоблювальна обробка.

Деталі типу дисків можуть мати основні отвори, вимоги до точності і шорсткості яких не можуть бути виконані при токарній обробці.

У цьому випадку використовують фінішні операції на окремих розточувальних або шліфувальних верстатах.

У серійному виробництві для оздоблювальної обробки отворів використовують розточувальні і координатно-розточувальні верстати; у великосерійному виробництві часто формують протягуванням.223

Для калібрування циліндричних отворів застосовують прошивки, кульки, дорни. Для поліпшення якості поверхні застосовують розкочування роликами.

Питання для самоперевірки

1. Які деталі відносяться до класу дисків»
2. Із якого матеріалу виготовляються, що служить в якості заготовки»
3. Перечисліть технічні вимоги на виготовлення деталі.
4. Які операції при виготовленні дисків є основними, а які другорядними?
5. Опишіть чорнову та чистову обробку деталей.
6. Що відносять до оздоблювальних робіт при виготовленні дисків.

Література: [5, с.136 - 140]

ЛЕКЦІЯ 14. Технологія виготовлення деталей класу «Зубчаті колеса»

14.1. Службове призначення, конструктивні різновиди і технічні умови на виготовлення

14.2. Матеріали і способи одержання заготовок

14.3. Основні етапи обробки зубчастих коліс

14.1. Службове призначення, конструктивні різновиди і технічні умови на виготовлення

Зубчасті колеса служать для передачі крутного моменту від одного вала до другого при заданому передаточному відношенні. Вони поділяються на циліндричні, конічні та черв'ячні.

Циліндричні зубчасті колеса виготовляють з прямим і косим зубом при паралельному розташуванні осей. В окремих випадках циліндричні колеса з косими зубами служать для передачі руху між валами, розташованими під прямим кутом.

Основні механізми, в яких застосовуються циліндричні зубчасті колеса: коробки передач автомобілів, редуктори, передні бабки верстатів, коробки подач, передаточні механізми верстатів тощо.

За розмірами зовнішнього діаметра циліндричні та конічні зубчасті колеса поділяються на такі групи: до 50 мм, понад 50 до 200 мм, понад 200 до 300 мм, понад 300 мм.

За технологічними ознаками зубчасті колеса поділяються на:

- циліндричні та конічні без маточини і з маточиною, з гладким або шліцьовим отвором;
- багатовінцеві блокові з гладким або шліцьовим отвором;
- циліндричні, конічні та черв'ячні типу фланця);
- циліндричні та конічні з хвостовиком.

Черв'ячні колеса при невеликих розмірах виконуються суцільними з маточиною, а при великих розмірах – з вінцями.

Шорсткість обробки вказаних поверхонь $R_a = 1,25-0,32$ мкм. Решту конструктивних елементів коліс рекомендується виконувати за 8–12 квалітетами точності при шорсткості $R_a = 4-0,63$ мкм.

В результаті термічної обробки поверхні твердість зубів зубчастих коліс, що цементуються, повинна бути в межах HRC 55–60 при глибині шару цементації 1,0– 2,0 мм. При ціануванні твердість HRC 42–53, глибина шару повинна бути в межах 0,5–0,8 мм. Твердість поверхонь, що не загартовуються, звичайно знаходиться в межах HB 180–270.

14.2. Матеріали і способи одержання заготовок.

У залежності від службового призначення зубчасті колеса виготовляють з вуглецевих, легованих сталей (45, 40X, 20X, 18ХГТ, 35ХМ та інші), чавуну, пластичних мас.

Леговані сталі забезпечують більш глибоку загартованість та меншу деформацію у порівнянні з вуглецевими.

Матеріал зубчастих коліс повинен мати однорідну структуру, яка забезпечує стабільність розмірів після термічної обробки, особливо за розмірами отвору і кроку коліс.

Точність при термічній обробці знижується на 0,5–1,0 ступеня і тим менша, чим краще підібраний матеріал за стабілізацією розмірів при термічній обробці. Леговані сталі, як правило, забезпечують менше жолоблення, ніж вуглецеві. Розрізняють такі основні види заготовок зубчастих коліс: заготовка з прокату; поковка, виконана вільним куванням на кувальному молоті; штампована заготовка в підкладних штампах, виконана на молотах або пресах; штампована заготовка в закріплених штампах, виконана на молотах, пресах і горизонтально-кувальних машинах.

Заготовки, одержані вільним куванням на молотах, за конфігурацією не відповідають формі готової деталі, структура металу завдяки куванню поліпшується у порівнянні із заготовкою, відрізаною від прутка.

Штамповка в підкладних штампах виконується на кувальних молотах, може бути виконана також на фрикційних і гідравлічних пресах або на механічних кувальних пресах в дрібносерійному виробництві.

Штампкування заготовок в закріплених штампах на штампувальних молотах і кувальних пресах здійснюється як у відкритих (з облоєм), так і в закритих (без облою) штампах у великосерійному і масовому виробництві.

Штампкування заготовок в закритих штампах має ряд переваг: знижуються витрати металу через відсутність облою, форма заготовки наближена до готової деталі, відпадає

необхідність в обрізних штампах, знижується собівартість, економія металу складає від 10 до 30 %. Проте є підвищені витрати штамсів.

Штамування на пресах має велику перевагу перед штампуванням на молотах, оскільки одержується точна штампована заготовка, припуски і напуски на 30 %, ніж при штампуванні на молотах, і за конфігурацією заготовка більш наближена до готової деталі. Продуктивність штампування на пресах вища, ніж на молотах в 1,5–2 рази, робота відбувається без ударів; на пресах можна штампувати з прошиванням отворів.

14.3. Основні етапи обробки зубчастих коліс

Виготовлення зубчастих коліс здійснюється в кілька етапів:

1 Обробка зовнішніх і внутрішніх поверхонь зубчастого колеса до нарізання зубів.

2 - Обробка зубів.

3 - Термообробка зубчастого колеса.

4 - Остаточна обробка зубів і інших поверхонь.

На першому етапі остаточно обробляють зовнішні і торцеві поверхні. Центральне отвір обробляють по 7-му квалітету точності, тому що воно є базою для нарізування зубів. При відсутності термообробки обробку зубів здійснюють на зуборізних верстатах за методом обкатки або на фрезерних верстатах за методом копіювання. При цьому необхідно залишити припуск на шліфування. Термообробка полягає в загартуванні зубчастого вінця струмами високої частоти. Якщо при термообробці зуби деформувалися, необхідний четвертий етап обробки.

Обробку зубів здійснюють методом обкатки і копіювання.

Обробка методом копіювання здійснюється в одиничному виробництві через малу точність обробки. Утворення зубів методом обкатки здійснюється в результаті взаємного зачеплення ріжучого інструменту з нарізаними зубчастим колесом. Точність методу обкатки вище точності методу копіювання. Обробку методом копіювання здійснюють фрезеруванням зубів дисковими і пальцевими модульними фрезами на горизонтально - і вертикально-фрезерних верстатах з використанням ділільних головок - точність обробки 10-а ступінь і грубіше.

При нарізанні зубчастих коліс метод обкатки знайшов широке застосування. Утворення зубів при фрезеруванні черв'ячної модульної фрезою здійснюється в результаті взаємного зачеплення черв'ячної фрези з нарізаними зубчастим колесом.

Черв'ячними фрезами нарізають зубчасті колеса з прямими і спіральними зубами. При цьому черв'ячну фрезу встановлюють так, щоб напрямком витків її спіралі збігалось з напрямком зубів колеса.

Нарізування зубів за допомогою круглих долб'яків здійснюється на зубодовбальних верстатах, на яких можна, нарізати зубчасті колеса зовнішнього і внутрішнього зачеплення з прямим і косим зубом.

Оздоблювальні операції обробки зубів здійснюють на шевінговальних, шліфувальних і хонинговальних верстатах.

Шевінгування застосовують для зменшення волністості на поверхні зубів спеціальним інструментом - шевером, зскрібає з поверхні зуба стружку товщиною 0,005 ... 0,1 мм. Шевінгування зменшує радіальне биття вінця колеса, похибка профілю і шорсткість робочої поверхні зуба.

Зуби загартованих і незагартованих зубчастих коліс 5 ... 7-го ступеня точності піддають шліфуванню.

Хонингуванням обробляють колеса з модулем 1,5 ... 6 мм з припуском не більше 0,02 ... 0,05 мм. Хонингування зменшує шорсткість поверхні і застосовується при обробці зубчастих коліс 7-го ступеня точності після термообробки шевінгованих зубчастих коліс.

Питання для самоперевірки

1. На які типи поділили зубчасті колеса?
 2. Із якого матеріалу виготовляють зубчасті колеса?
 3. Що служить заготовкою для зубчастих коліс?
 4. Перечисліть основні етапи обробки зубчастих коліс.
 5. Якими методами можна нарізати зуби?
- Література: [1, с. 722-743], [6, с. 360-363]

ЛЕКЦІЯ 15. Технологія виготовлення корпусних деталей

- 15.1. Службове призначення деталей, конструктивні види
- 15.2. Матеріал і заготовки.
- 15.3. Вибір і обробка базових поверхонь
- 15.4. Варіанти технологічного маршруту.

15.1. Службове призначення деталей, конструктивні види

Корпусні деталі представляють собою базові деталі. На них встановлюють різні деталі та складальні одиниці, точність відносного положення яких повинна забезпечуватись як в статиці, так і процесі роботи машини під навантаженням. У відповідності з цим корпусні деталі повинні мати потрібну точність, бути достатньо жорсткими і вібронестійкими, що забезпечує потрібне відносне положення з'єднувальних деталей і вузлів, правильність роботи механізмів і відсутність вібрації.

Конструктивне виконання корпусних деталей, матеріал і необхідні параметри точності визначають, виходячи зі службового призначення деталей, вимог до роботи механізмів і умов їх експлуатації. При цьому враховують також технологічні фактори, пов'язані з можливістю отримання потрібної конфігурації заготовки, можливості обробки різанням і зручності складання, яке починають з базової корпусної деталі.

При обробці корпусних деталей повинні бути забезпечені в установлених межах: паралельність та перпендикулярність осей основних отворів відносно одного щодо іншого та плоских поверхонь; співвісність отворів для опор валів; задані міжосьові відстані; правильність геометричної форми отворів; перпендикулярність торцевих поверхонь до осей отворів; прямолінійність плоских поверхонь.

15.2. Матеріал і заготовки.

Матеріал. Марку матеріалу для виготовлення корпусних деталей вибирають, виходячи із службового призначення корпусу та умов його роботи. При цьому враховують вплив властивостей матеріалу на такі конструктивні параметри, як міцність та жорсткість конструкції, вібронестійкість, зносостійкість окремих поверхонь, габарити і масу деталі. Одночасно необхідно враховувати технологічні фактори, які визначають методи одержання заготовки, оброблюваність матеріалу і пов'язані з цим грошові затрати. Як матеріал для виготовлення різних корпусних деталей застосовують, головним чином, сірий чавун, рідше вуглецеву сталь, використовують також кувальний чавун, леговану сталь і сплави кольорових металів.

Сірий чавун є основним конструктивним матеріалом для виготовлення корпусних деталей. При відносно невисокій вартості він має добрі ливарні властивості, що дозволяє отримувати виливки складної конфігурації. Сірий чавун добре обробляється і має непогані фізико-механічні властивості, які можна змінювати у потрібному напрямку за допомогою модифікації чавуну і термічної обробки. Виливки з сірого чавуну мають високу циклічну в'язкість, що сприяє демпфіруванню коливань. Корпусні деталі металорізальних верстатів, корпуси сільськогосподарських і підйомно-транспортних машин, корпуси різних

стаціонарних редукторів, центробіжних насосів виготовляють з сірого чавуну марок СЧ15, СЧ18, СЧ21.

Для малонавантажених деталей типу кришок, плит, піддонів застосовують чавун СЧ12. Корпусні деталі з напрямними, до яких висуваються підвищені вимоги щодо зносостійкості, виготовляють з сірого чавуну СЧ21 і модифікованого чавуну марок СЧ32, СЧ35. Модифікування чавуну сприяє отриманню необхідної форми графіту, зокрема, шароподібного, створенню однорідної структури і підвищенню його міцності. Воно здійснюється шляхом введення в чавун присадок феросиліцію, сілікоалюмінію, церію, магнію і тощо. Виливки прецизійних верстатів повинні мати однорідну безпористу структуру і мати високі фізико-механічні властивості, рівномірну нормовану твердість, зносостійкість та добру оброблюваність.

Для одержання тонкостінних виливок застосовують чавуни з підвищеним змістом фосфору, який сприяє поліпшенню ливарних властивостей, а також високим змістом вуглецю (до 3,6 %) і кремнію (до 2,8 %). Плити супутників роблять зі сталей 30Л, 40Х, 12ХНЗА, 20ХЗВМФ. Корпусні деталі ходової частини машин, що працюють під великим навантаженням, виконують з сірого чавуну СЧ21, СЧ24, а також з кувального чавуну К4 35-10. Для одержання підвищеної міцності картери задніх мостів автомобілей великої вантажопідйомності виготовляють з ливарних сталей 40Л, 40ЛК.

15.3. Вибір і обробка базових поверхонь

Сполучення установочної, вимірювальної та складальної баз при постійності вибраної бази в значній мірі полегшують вирішення складних технологічних завдань, що виникають при обробці корпусів.

При виготовленні зазначених деталей широке розповсюдження отримав метод базування за площиною та двома отворами. У деталях призматичного типу використовується площина і два отвори невеликого діаметра, оброблені розгортанням, а фланцевого – торець фланця, один отвір великого типорозміру (основний отвір або виточка в торці), другий малого діаметра (у фланці).

Корпуси із слабо розвиненими або незручно розміщеними поверхнями обробляють у пристроях – супутниках з використанням інших чорних чи штучно створених поверхонь. При неавтоматизованому виробництві застосовують інші варіанти базування. Так, у верстатобудуванні корпусні деталі часто базуються по напрямних площинах; у важкому машинобудуванні – на шість точок, розміщених в трьох координатних площинах. Основним недоліком цих схем базування є необхідність в зміні баз і переустановлень заготовки для обробки зайнятих при встановленні та закритими затискними елементами пристроїв поверхонь. Базування по площині та двох отворах забезпечує велику точність обробки порівняно з іншими методами. На першій операції заготовку установлюють по необроблюваним поверхням. У результаті досягається правильне положення базової площини відносно необроблюваних поверхонь і розподіл припусків на деякі поверхні, що обробляються в наступних операціях.

15.4. Варіанти технологічного маршруту.

Корпусні деталі характеризуються багатоваріантністю обробки. Складна корпусна деталь може мати сотні різних варіантів обробки. Тому говорити про типовий маршрут можна тільки відносно до тієї чи іншої групи деталей, оскільки маршрути обробки кожної з груп дуже відрізняються один від одного. Не прив'язуючись до конкретної групи корпусних деталей, можна лише розглянути два варіанти етапів, по яких може будуватись маршрут обробки кожної конкретної корпусної деталі. При цьому кожний етап складається з декількох операцій. Розглянемо ці варіанти.

Варіант 1 (базується на принципі концентрації операцій та переходів).

1. Розмітка заготовки.

2. Чорнова і чистова обробка всіх плоских поверхонь.
3. Повторна розмітка.
4. Чорнова і чистова обробка основних отворів.
5. Третя розмітка.
6. Обробка допоміжних отворів.
7. Фінішна обробка плоских поверхонь.
8. Фінішна обробка основних отворів.

Переваги варіанта: простота, комплексність, мінімальний шлях до досягнення кінцевої мети, висока продуктивність та низька собівартість, незначна кількість верстатів, незначні виробничі площі. Недоліки варіанта: неможливість забезпечення високої точності обробки та можливість жолоблення деталі після її виготовлення і навіть в процесі експлуатації. Даний варіант побудови маршруту може бути застосований тільки для деталей, до яких не висуваються високі вимоги по точності.

Варіант 2 (базується на принципі диференціації операцій та переходів).

1. Розмітка заготовки.
2. Чорнова обробка всіх плоских поверхонь.
3. Повторна розмітка.
4. Чорнова обробка всіх основних отворів.
5. Старіння.
6. Третя розмітка.
7. Чистова обробка всіх плоских поверхонь.
8. Чистова обробка всіх основних отворів.
9. Четверта розмітка.
10. Обробка допоміжних отворів.
11. Фінішна обробка плоских поверхонь.
12. Фінішна обробка основних отворів.

Переваги варіанта: можливість забезпечення високого ступеня точності деталей. Недоліки варіанта: велика трудомісткість, більш висока собівартість, необхідність у великій кількості обладнання та додаткових виробничих площах. Варіант застосовується для деталей з підвищеними вимогами щодо точності та прецизійних деталей. Обидва варіанти закінчуються обов'язковим миттям і сушінням деталей.

Питання для самоперевірки

1. Сформулюйте службове призначення корпусних деталей.
2. Наведіть класифікацію корпусних деталей за конструктивними ознаками.
3. Сформулюйте основні типові технічні вимоги до корпусних деталей.
4. З яких матеріалів та видів заготовок виготовляються корпусні деталі? Дайте їх коротку характеристику.
5. Накресліть типові теоретичні схеми базування корпусних деталей при їх обробці.
6. Складіть типовий технологічний маршрут обробки корпусу за принципом концентрації операцій.
7. Складіть типовий технологічний маршрут обробки корпусу за принципом диференціації операцій.

Література: [1, с. 675-689]

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. П.П.Мельничук. Технологія машинобудування: підручник/ П.П.Мельничук, А.І.Боровик, П.А.Лінчевський, Ю.В.Петраков.- Житомир: ЖДТУ, 2005.- 882с
2. Маталин А. А. Технология машиностроения: учебник для машиностроительных специальностей вузов. / Маталин А. А. — Л.: Машиностроение, 1985. — 496 с.
3. Руденко П. О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні. / П. О. Руденко. — К.: Вища школа, 1993. — 414 с.
4. М.Е.Егоров, В.И. Дементьев и др. Технология машиностроения. - М.;Высшая школа,1976.
5. В.Ю.Новиков, А.Г. Схитртладзе. Технология станкостроения – М.; Машиностроение, 1990.
6. В.В. Данилевский. Технология машиностроения. - М.; Высшая школа, 1984.
7. Дальский А.М., Косилова А.Г., Мещеряков Р.К., Суслов А.Г. и др. Справочник технолога-машиностроителя. Том 1. Под ред. А. М. Дальского, А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова, А. Г. Сулова. - 5-е изд. исправл. - М.: Машиностроение-1, 2003, 912 с.: ил.
8. В.М. Кован Основы технологи машиностроения. – Москва, 1959.
9. Якимов О.В., Гусарев В.С., Якимов О.О., Линчевський П.А. Технологія автоматизованого машинобудування. – К. 1994. – 400 с