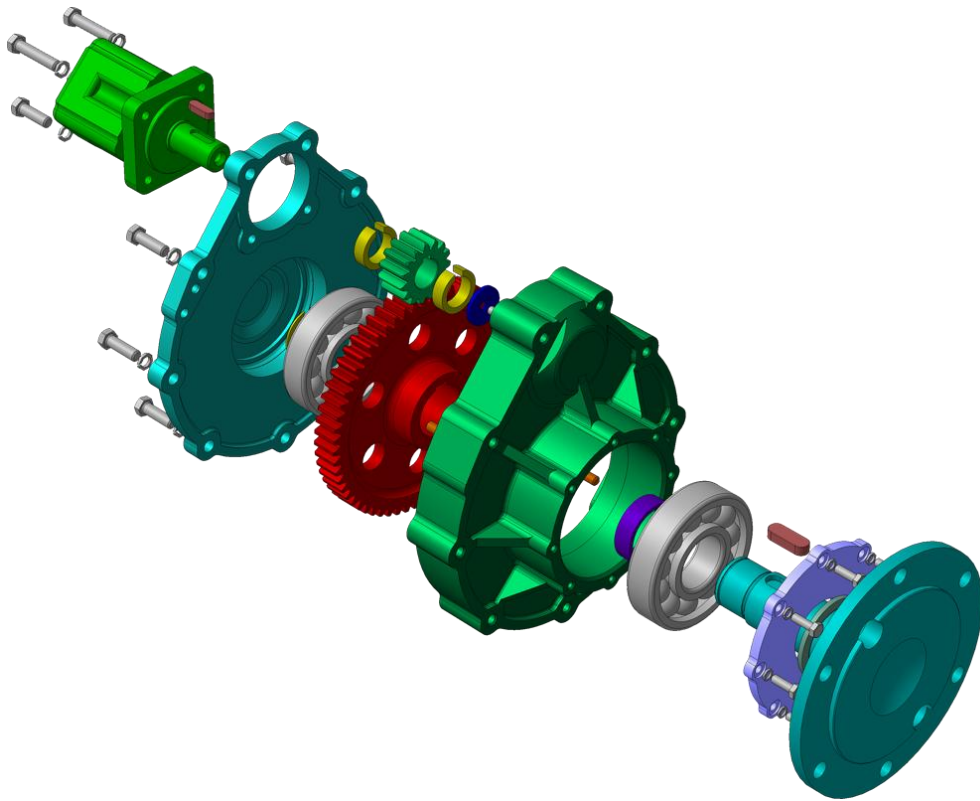


Савуляк В. І., Шенфельд В. Й., Дусанюк Ж. П.

**ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ
ВІДНОВЛЕННЯ ПОВЕРХОНЬ**



Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

Савуляк В. І., Шенфельд В. Й., Дусанюк Ж. П.

**ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ
ВІДНОВЛЕННЯ ПОВЕРХОНЬ**

Лабораторний практикум

Вінниця
ВНТУ
2017

УДК 621(075)
ББК 34.6
С13

Автори:

В. І. Савуляк, В. Й. Шенфельд, Ж. П. Дусанюк

Рекомендовано до видання Вченою радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України (протокол № 13 від 25 червня 2015 р.)

Рецензенти:

І. П. Паламарчук, доктор технічних наук, професор

І. О. Сивак, доктор технічних наук, професор

О. П. Шиліна, кандидат технічних наук, доцент

С13 **Проектування** технологічних процесів відновлення поверхонь : лабораторний практикум / [Савуляк В. І., Шенфельд В. Й., Дусанюк Ж. П.] – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 51 с.

В лабораторному практикумі наведені теоретичні відомості до лабораторних робіт, які стосуються проектування технологічних процесів відновлення поверхонь. При виконання робіт студенти отримають навички розробки раціональних технологічних процесів для наступного їх використання у курсовому, дипломному проектуванні та майбутній інженерній діяльності; наведено порядок та організація виконання, контрольні питання, правила оформлення, зміст та порядок захисту лабораторних робіт з дисципліни «Проектування технологічних процесів відновлення поверхонь».

Розрахований на студентів напряму підготовки «Матеріалознавство».

УДК 621(075)

ББК 34.6

ЗМІСТ

<i>Лабораторна робота № 1. Структура виробу.....</i>	4
<i>Лабораторна робота № 2. Службове призначення поверхонь деталі, їх класифікація. Елементи деталі.....</i>	12
<i>Лабораторна робота № 3. Контроль геометричних параметрів деталей машин під час дефектування.....</i>	18
<i>Лабораторна робота № 4. Дослідження можливості базування заготовок у системі прямокутних координат.....</i>	24
<i>Лабораторна робота № 5. Визначення похибки базування.....</i>	27
<i>Лабораторна робота № 6. Технічний аналіз можливості застосування доступних технологій для відновлення поверхонь деталей машин.....</i>	32
<i>Лабораторна робота № 7. Визначення припусків на механічну обробку та розмірів заготовки.....</i>	35
<i>Словник найуживаніших термінів.....</i>	41
<i>Література.....</i>	42
<i>Додаток А.....</i>	43
<i>Додаток Б.....</i>	47
<i>Додаток В.....</i>	48
<i>Додаток Г.....</i>	50

СТРУКТУРА ВИРОБУ

Мета роботи

1. Засвоїти поняття:

- виріб;
- складальна одиниця (СО); види СО: конструктивна; технологічна і конструктивно-технологічна;
- вузол, порядок вузла, базовий елемент вузла;

2. Отримати навички:

- розбирання, складання виробу;
- виявлення вузлів і їх базових елементів;
- встановлення порядку вузла і його позначення.

1.1 Загальні відомості

Поняття виробу і його структурних елементів є одним з основних понять, що використовуються в практиці машинобудування.

Виріб (product) – це предмет або сукупність предметів виробництва, які виготовляються на підприємстві. Виробом може бути складальна одиниця, деталь, заготовка тощо. В даній роботі вивчається структура складальної одиниці.

Складальна одиниця (СО) (assembly unit) – це виріб, складові частини якого підлягають з'єднанню між собою на підприємстві-виробнику складальними операціями: згвинчуванням, зварюванням, запресуванням і т. п. (наприклад, автомобіль, верстат, редуктор, зварний корпус).

Складальні одиниці проектуються з урахуванням як конструктивних, так і технологічних вимог. В зв'язку з цим складальні одиниці за призначенням бувають:

- конструктивні;
- технологічні;
- конструктивно-технологічні.

Конструктивна СО – це одиниця, яка має самостійне функціональне призначення, але не може бути зібрана окремо від складових частин виробу.

Прикладом може бути механізм газорозподілення, системи паливопроводів і маслопроводів двигуна і т. п.

Технологічна СО – це складальна одиниця, яку можна зібрати окремо. Така одиниця не може самостійно виконувати певну функцію без інших складових частин, наприклад, вал із запресованими підшипниками, вінець черв'ячного колеса, напресований на маточину і т. п.

Конструктивно-технологічна СО – це одиниця, яка має не тільки самостійне функціональне призначення, але й відповідає умові самостійного і незалежного складання. До таких одиниць можна віднести насоси, клапани, вентилі, коробки швидкостей, коробки подачі і т. п.

Принцип конструювання виробів з таких одиниць називається агрегатним або модульним. Одержаний виріб (агрегат) має кращі техніко-економічні показники, ніж звичайні вироби як у виготовленні, так і в експлуатації та ремонті. Технологічні та конструктивно-технологічні одиниці відносять до вузлів.

Вузол (node) – це складальна одиниця, яку можна зібрати окремо. Складність вузла характеризується його порядком.

Вузлом 0-го порядку називається сам виріб.

Вузли, що безпосередньо (в процесі загального збирання) входять у виріб, називаються вузлами 1-го порядку. Складальні одиниці, що входять у вузол 1-го порядку, називаються вузлами 2-го порядку і т. д. (рис. 1.1).

Кожен вузол має в собі основний координувальний елемент (деталь або вузол), який називається **базовим елементом (Basic Element)**. Базовий елемент виконує роль основної з'єднувальної ланки, яка надає деталям відповідного відносного положення. З нього починається складання вузла. Наприклад, для редуктора базовим елементом буде зварний корпус (базовий вузол), а для вала з напресованими підшипниками – вал (базова деталь).

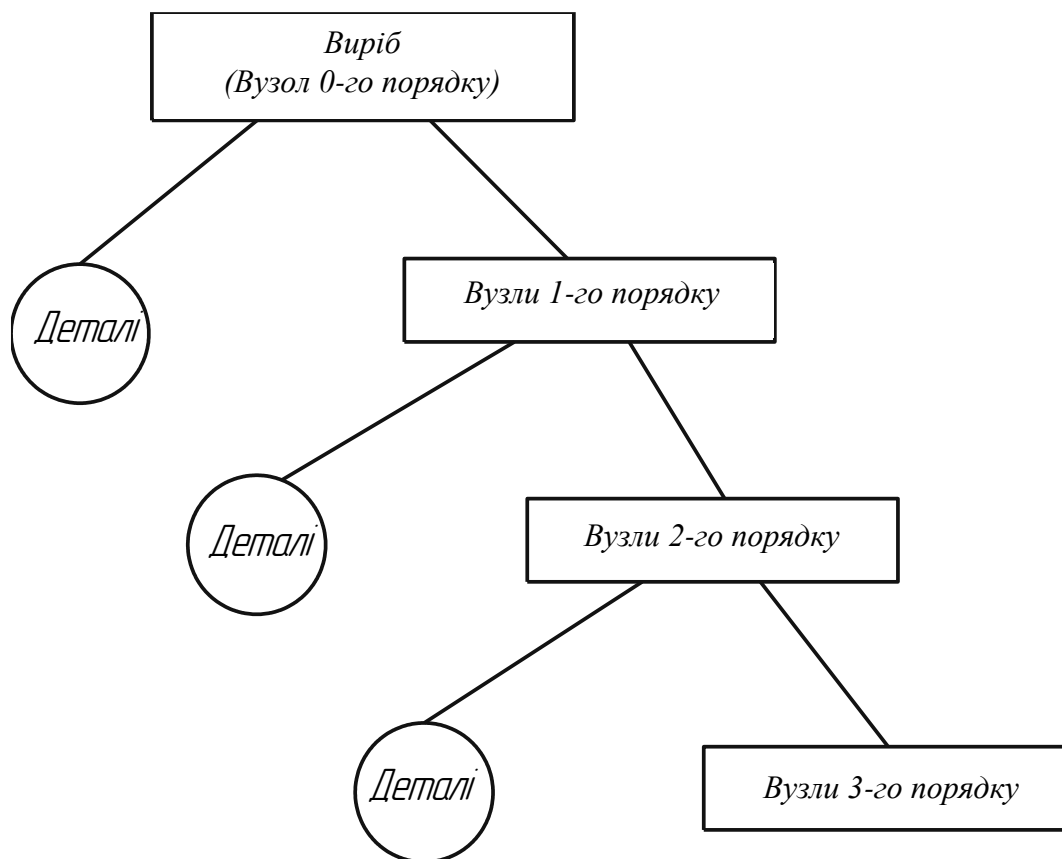


Рисунок 1.1 – Розбивання виробу на вузли

Позначення вузла складається з 3-х частин: порядковий номер вузла + ознака складальної одиниці («зб») + номер базової деталі вузла на складальному кресленні. Так, позначення вищезгаданого вала, як вузла першого порядку з позначенням базової деталі за складальним кресленням як вала, буде мати вигляд: «Вал в зборі – 1СК. 10».

Розбивши виріб на вузли і встановивши їх загальну кількість, можна орієнтовно визначити кількість операцій технологічного процесу (ТП) складання виробу. Оскільки операцією є частина ТП, яка виконується на одному робочому місці, то очевидно, що кількість операцій в ТП збирання виробу приблизно дорівнює загальній кількості вузлів.

Розглянемо порядок виявлення вузлів і їх базових елементів на прикладі пневмоциліндра (рис. 1.2).

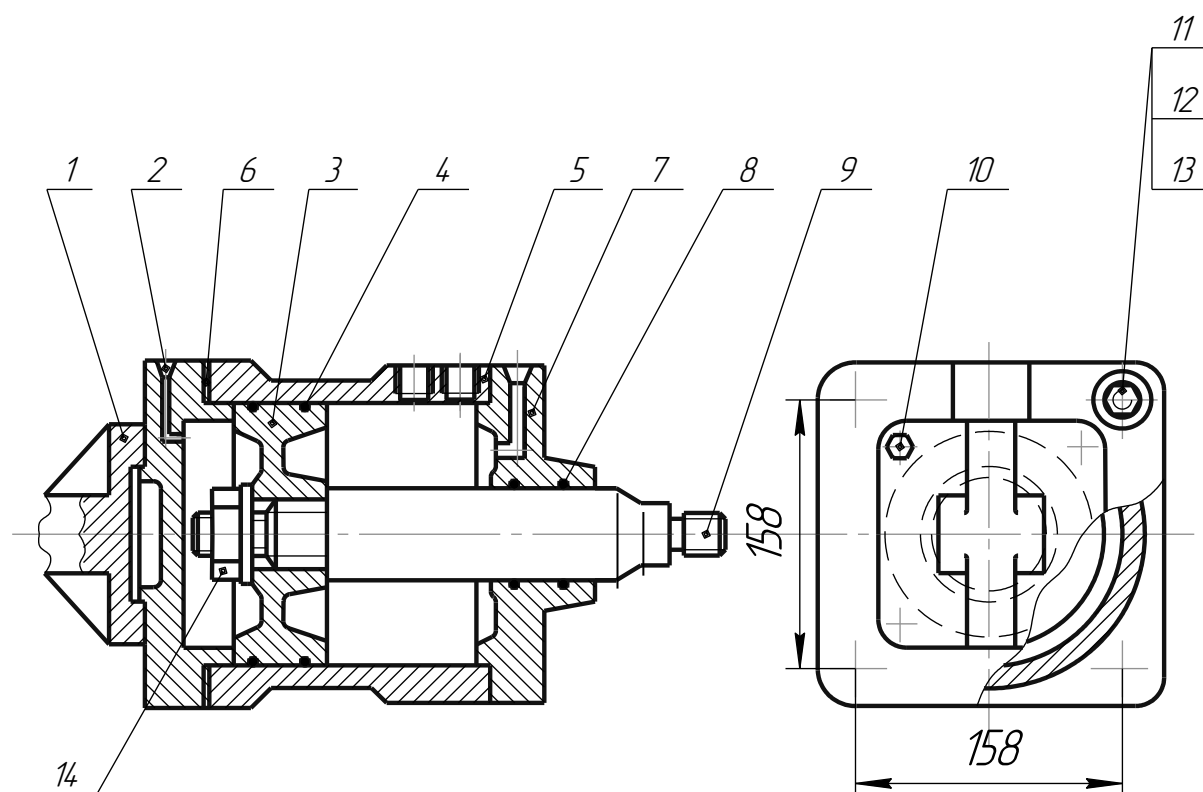


Рисунок 1.2 – Пневмоциліндр для верстатних пристроїв

Вузли, їх порядок, а також їх базові елементи виявляють під час розбирання виробу.

Вузлом буде (ще одне визначення вузла) сукупність деталей, яка при розбиранні виробу від'єднується окремо. Очевидно також і те, що деталь (чи вузол), що залишається при розбиранні, буде **базовою(им)**.

Кожному вузлу присвоюють назву і позначення. **Назва вузла** складається з назви базової деталі і додатка «в зборі». Наприклад, вал в зборі з двома підшипниками іменують як «вал в зборі».

Пневмоциліндр може коливатися відносно отвору О і використовується у верстатних пристроях як привод. Він складається з кришки 2, фланця 1, з'єднаних 4-ма болтами 10, циліндра 5 і передньої кришки 7 з ущільнювальними гумовими кільцями 8. Циліндр і кришки стягнуті між собою 4-ма шпильками 11 з 8-ма гайками 12 і шайбами 13. Для ущільнення використовуються дві прокладки 6.

Поршнештокова частина являє собою шток 9, на який напресовано поршень 3 з ущільнювальними кільцями 4. Поршень закріплений на штокові гайкою 14.

Специфікація деталей наведена в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Специфікація деталей пневмоциліндра (див. рис. 1.2)

№ позиції деталі	Найменування деталі	Кількість деталей, шт.	№ позиції деталі	Найменування деталі	Кількість деталей, шт.
1	Фланець	1	8	Кільце	2
2	Кришка	1	9	Шток	1
3	Поршень	1	10	Болт М10×38	4
4	Кільце	2	11	Шпилька М12×42	8
5	Циліндр	1	12	Гайка М12	8
6	Прокладка	2	13	Шайба 12	8
7	Кришка	1	14	Гайка М20	1

Працює пневмоциліндр так. В одну з порожнин пневмоциліндра (наприклад, ліву) через отвір в кришці 2 підводиться стиснене повітря. Під його дією поршень зі штоком здійснює переміщення. Повітря з правої порожнини випускається в атмосферу через кришку 7. Управління роботою здійснюється через розподільний кран, який шлангами і штуцерами під'єднаний до кришок.

Порядок виявлення вузлів. Спочатку проводять загальне розбирання виробу і виявляють вузли першого порядку. Деталь чи вузол, що залишається при розбиранні, буде базовою(им). Далі послідовно розбирають вузли першого порядку і виявляють вузли другого порядку та відповідні їм базові елементи (деталі чи вузли) і т. д.

Примітка. Загальне розбирання виробу – це розбирання виробу на деталі та вузли першого порядку.

Послідовність розбирання зручно подати у формі таблиці (табл. 1.2).

Таблиця 1.2 – Виявлення вузлів та їх базових деталей

№ переходу розбирання вузла	Ключове слово переходу розбирання	Деталі, що знімаються чи залишаються при розбиранні, та їх кількість	Вузли, що знімаються чи залишаються при розбиранні, та їх кількість
<i>А Загальне розбирання виробу – пневмоциліндра 0зб.5</i>			
1	Відгвинтити і зняти	гайку 12 (4 шт.), шайбу 13 (8 шт.)	шпилька 11 в зборі – 1зб11 (4шт.)
2	Зняти	прокладку 6 (2 шт.)	кришку 7 в зборі – 1зб7
3	Зняти	-	кришку 2 в зборі – 1зб2
	Залишилась	базова деталь – циліндр 5	поршень 3 в зборі – 1зб3
<i>Б Розбирання вузлів першого порядку</i>			
<i>1) розбирання шпильок 1зб 11 (4 шт.)</i>			
1	Згвинтити Залишилась	гайку 12 (4 шт.) базова деталь – шпилька 11 (4 шт.)	
<i>2) розбирання кришки 1зб2</i>			
1	Відгвинтити	Болт 10 (4 шт.)	
2	Зняти Залишилась	фланець 1 базова деталь – кришка 2	
<i>3) розбирання кришки 1зб7</i>			
1	Зняти Залишилась	кільця 8 (2 шт.) базова деталь – кришка 7	
1	Відгвинтити	гайку 14	базовий вузол – поршень в зборі – 2зб3
2	Випресувати Залишився	шток 9 -	
<i>В Розбирання вузлів другого порядку</i>			
<i>Розбирання поршня в зборі 2зб3</i>			
1	Зняти Залишилась	кільця 4 (2 шт.) базова деталь – поршень 3	

Примітка. Переходом розбирання називається сукупність робіт, що виконуються над з'єднанням (вузлом) незмінним способом виконання роботи при використанні одних і тих же пристроїв та інструментів.

Структура виробу з виявленими базовими елементами, вузлами і деталями занесена в таблицю 1.3.

Таблиця 1.3 – Структура виробу (пневмоциліндра)

№ вузла	Найменування і позначення вузла	Структурні елементи виробу (найменування, позначення і кількість)		
		Базовий елемент	Вузли і їх порядок	Деталі
1	Пневмоциліндр – 0зб5	Циліндр 5	Вузли 1-го порядку: а) шпилька 11 в зборі – Ізб1 (4 шт.); б) кришка 7 в зборі – 1зб7; в) кришка 2 в зборі – 1зб2; г) поршень 3 в зборі – Ізб3	Гайка 12 (4 шт.); шайба 13 (8 шт.); прокладка 6 (2 шт.); циліндр 5
2	Шпилька 11 в зборі – ІзбП (4 шт.)	Шпилька 11 (4 шт.)	–	Шпилька 11 (4 шт.); гайка 12 (4 шт.)
3	Кришка 7 в зборі – 1зб7	Кришка 7	–	Кришка 7; кільце 8 (2 шт.)
4	Кришка 2 в зборі – 1зб2	Кришка 2	–	Кришка 2; фланець 1; болт 10 (4 шт.)
5	Поршень 3 в зборі – Ізб3	Поршень 3 в зборі – 2зб3	Вузол 2-го порядку: поршень 3 в Зборі – 2зб3	Гайка 14; шток 9
6	Поршень 3 в зборі – 2зб3	Поршень 3	–	Поршень 3; кільце 4 (2 шт.);

Загальна кількість різнотипних вузлів – 6; 0-го порядку – 1; 1-го порядку – 4; 2-го порядку – 1.

1.2 Оснащення, прилади, початкові матеріали

1. Натурний зразок виробу – складальна одиниця (СО).
2. Складальне креслення або ескіз СО.
3. Специфікація.
4. Набір слюсарного або монтажного інструменту, необхідного для розбирання і складання.
5. Методичні вказівки до виконання роботи.

Як вироби можуть бути використані нескладні вузли: задня бабка токарного верстата, насоси різних типів, пневмо- або гідроциліндри верстатних пристроїв і т. п.

1.3 Порядок виконання роботи

1. Перед виконанням роботи ознайомитись з правилами техніки безпеки при проведенні слюсарно-складальних робіт.

2. Ознайомитись з конструкцією і призначенням виробу за його описом і (або) складальним кресленням. Ознайомитись зі змістом звіту (п. 1.4).

3. Провести загальне розбирання виробу на деталі та вузли 1-го порядку. Для цього:

- закріпити виріб у лещатах або придати йому зручне і стійке положення на столі;
- намітити загальну послідовність розбирання виробу, а також ті складальні елементи, які слід зняти в першу чергу, щоб можна було продовжити подальше розбирання;

рекомендації:

– в першу чергу над виробом слід виконати такі дії, які при складанні виробу виконуються останніми: наприклад, злити масло, зняти муфту з вала редуктора і т. п.;

– при розбиранні слід знімати найбільш складні (за кількістю елементів) складальні одиниці (вузли), але за умови, що ці вузли буде зручно встановлювати при складанні, а також зручно буде виконувати їх подальше розбирання;

– деталі з виробу слід знімати тоді, коли вони утруднюють знімання вузлів, або коли вони виявляються незафіксованими після знімання вузла чи деталі;

- заповнити таблицю 1.2, в якій вказати:
- ключове слово переходу розбирання;
- назву деталі чи вузла, що знімається, їх позначення у відповідності зі специфікацією (деталі) чи прийнятими правилами (вузли – див. п. 2) і кількість (штук);
- базовий елемент виробу (деталь чи вузол) і його позначення.

4. Послідовно розібрати вузли 1-го порядку і виявити вузли 2-го порядку. Продовжити заповнення таблиці 1.2.

5. Послідовно розібрати вузли 2-го порядку і виявити вузли 3-го порядку. Продовжити виявлення вузлів до моменту поки розбирання не буде завершено повністю, тобто коли виріб буде розібрано до окремих деталей.

6. Провести складання виробу у зворотному порядку.

7. Подати структуру виробу у формі табл. 1.3.

8. Оформити звіт.

1.4 Зміст звіту

1. Найменування роботи.

2. Мета роботи.

3. Найменування і призначення виробу.

4. Специфікація деталей виробу у формі табл. 1.1.

5. Виявлення вузлів і їх базових елементів у формі табл. 1.2.

6. Структура виробу у формі табл. 1.3.

7. Висновки, в яких:

– ґрунтуючись на результатах виконаної роботи вказати, що собою являє виріб і на якому підприємстві він може виготовлятися;

– відмітити, до якої складальної одиниці належить сам виріб і чому;

– вказати, що собою являють вузли, як вони виділяються з виробу, їх вплив на організацію процесу складання;

– відмітити, що собою являє порядок вузла і його значення при складанні виробу;

– відмітити наявність в кожному вузлі базового елемента, вказати, що він собою являє і його значення для складання.

1.5 Питання для самоперевірки

1. Що називається виробом?

2. Що називається складальною одиницею?

3. Назвати види складальних одиниць.

4. Які складальні одиниці називаються вузлами?

5. Як виявляються вузли?

6. Що характеризує порядок вузла?

7. Як виявляються вузли 1-го, 2-го, n-го порядку?

8. Який елемент вузла називають базовим? Чи може ним бути вузол?

Як позначаються вузли ?

Рекомендована література: [2, 4, 7]

СЛУЖБОВЕ ПРИЗНАЧЕННЯ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛІ, ЇХ КЛАСИФІКАЦІЯ. ЕЛЕМЕНТИ ДЕТАЛІ

Мета роботи

1. Засвоїти поняття:

- деталь; призначення поверхонь деталі;
- конструкторські бази;
- технологічні бази;
- елемент виробу;
- конструктивне і технологічне призначення елемента;
- відкриті, напіввідкриті і закриті для обробки елементи.

2. Отримати навички:

- виявлення елементів деталей та їх конструктивного і технологічного призначення;
- швидкого поелементного аналізу робочого креслення і формулювання призначення деталі за призначенням окремих її елементів;
- виявлення елементів деталі, що можуть бути отримані одним інструментом і оцінювання зручності їх обробки.

2.1 Загальні відомості

Деталь (item) – це виріб, який виготовлений з однорідного за найменуванням та маркою матеріалу без застосування складальних операцій. У кожній деталі, яка бере участь при складанні, є поверхні, що мають спрження з іншими деталями. Ці поверхні утворюють різні посадки деталей з іншими деталями. Якщо поверхня служить для орієнтації даної деталі відносно інших в машині, то такі поверхні називають *основними конструкторськими базами (main base)* (наприклад, шийки шпинделя верстата встановлюються в отвори підшипників, визначаючи положення шпинделя верстата). Поверхні, на яких встановлюються і орієнтуються інші деталі складальної одиниці, називають *допоміжними базами (auxiliary base)* (наприклад, отвір вкладиша підшипника, в який встановлюється шпиндель верстата). Отже, при складанні вузлів основні бази однієї деталі опираються на допоміжні бази іншої. Поверхні, які виконують деякі робочі функції, називають *функціональними* або *виконавчими (executive surface)*.

Інші поверхні деталі є вільними та слугують тільки для оформлення потрібної конфігурації деталі. Вони не обробляються або обробляються зі зниженою точністю та шорсткістю, яку призначає конструктор з міркувань вимог функціонування, складання, дизайну тощо.

Базові деталі – це деталі з базовими поверхнями, які виконують у складальному з'єднанні функцію з'єднувальної ланки, що забезпечує при складанні відповідне відносне положення інших деталей.

База (base) – поверхня, лінія або точка деталі, відносно до якої орієнтуються інші деталі виробу або інші поверхні даної заготовки при їх конструюванні, складанні, механічній обробці або вимірюванні. За своїм призначенням та сферою застосування бази діляться на конструкторські, вимірювальні та технологічні, які використовуються при складанні, вимірюванні або при механічній обробці.

Конструкторська база (designing base) – поверхня, лінія або точка деталі, відносно яких визначаються на кресленні розрахункові положення інших деталей, або складальних одиниць виробу, а також інших поверхонь та геометричних елементів даної деталі.

Конструкторські бази діляться на основні та допоміжні. Основною є конструкторська база, яка належить даній деталі або складальній одиниці, що використовується для визначення її положення у виробі. Конструкторська база, яка належить даній деталі або складальній одиниці і використовується для визначення положення виробу, що до неї приєднується, носить назву **допоміжної бази**.

Технологічна база (technological base) – це база, яка використовується для визначення положення заготовки або виробу в процесі виготовлення або ремонту.

Технологічною базою, яка використовується при складанні, є поверхня, лінія або точка деталі або складальної одиниці, відносно яких орієнтуються інші деталі або складальні одиниці виробу.

Значна номенклатура і складність виробів сучасного машинобудування утруднює вивчення їх конструкцій і технології виготовлення.

Для швидкого вивчення робочого креслення деталі використовують аналіз її конструкції за окремими елементами.

Елементом деталі називається її поверхня, лінія, вісь, точка або їх сукупність, що має певне призначення. Кожен елемент деталі має (і завжди повинен мати!) в конструкції своє призначення, яке може бути конструктивним або (і) технологічним.

Елемент (element) має конструктивне призначення (к), якщо він виконує в конструкції деталі певну функцію або сприяє її виконанню. Наприклад, шпонковий паз на валу слугує для передачі крутного моменту.

Елемент має технологічне призначення (т), якщо він полегшує чи спрощує виготовлення деталі. Наприклад, наявність канавки на шийці вала забезпечує вихід крайки шліфувального круга із зони обробки при шліфуванні. Останнє спрощує налагоджування верстата, унеможливує удар круга в буртик і його руйнування, зменшує знос крайок круга і полегшує його правку.

Елемент може мати конструктивне і технологічне призначення одночасно. Наприклад, галтель (криволінійна поверхня, що з'єднує дві поверхні

обертання) зменшує концентрацію напружень в місці спряження і одночасно полегшує механічну обробку лезовим інструментом, а, крім того, різець зі скругленою вершиною має більшу стійкість, ніж з гострою.

Інженер, який орієнтується в конструкції і призначенні кожного елемента, може за окремими елементами швидко прочитати креслення деталі і сформулювати її призначення. Це досягається за рахунок того, що при вивченні креслення йому доводиться аналізувати не кожен «абстрактну» поверхню, а обмежену кількість елементів (виділених із сукупності поверхонь), які мають конкретне призначення.

Значна кількість елементів деталі при їх обробці може бути отримана одним інструментом (наприклад, шпонковий паз – шпонковою фрезою, торець – підрізним різцем і т. п.). Це дозволяє використовувати назви елементів при записі технологічних переходів в картах технологічних документів і значно спростити такі записи. Наприклад: 1. Точити канавку...; 2. Підрізати торець... (замість «Підрізати торцеву поверхню...»).

Залежно від доступу інструмента до оброблюваної поверхні розрізняють елементи 3-х типів:

- **відкриті елементи**, які дозволяють вести обробку напрохід (відкриті площини, наскрізні отвори, напрямні, торці, уступи, шийки гладких валів і інші). Такі елементи при їх обробці є найбільш технологічними;

- **напіввідкриті елементи**, до яких закритий доступ інструменту хоча б з однієї сторони (заплечик, впадина, ступень, шпонковий паз з одним відкритим кінцем (рис. 2.1), шийки ступінчастих валів і т. ін.). Конструкція таких елементів не дозволяє вести обробку напрохід;

- **закриті елементи**, що дають доступ інструменту лише з однієї сторони (канавка, виточка, колодязь, центровий і глухий отвори, пази кільцевий і шпонкові та інші). Ці елементи найменш технологічні (особливо, коли вони розташовані в отворах або в інших важкодоступних місцях). Наведемо приклад аналізу конструкції деталі за її окремими елементами. Деталь (рис. 2.1) належить до класу тіл обертання і має форму втулки. Центральний отвір 10 виконаний ступінчастим. Гладка частина отвору має відкритий шпонковий паз 11. Разом вони служать для посадки деякої деталі на вал (деталі, що може передавати крутний момент).

Зовнішня поверхня деталі – циліндрична ступінчаста. На більшому діаметрі виконано два напіввідкритих шпонкових пази 12 (для передачі значного крутного моменту). Наявність пазів свідчить, що зовнішня поверхня 7 (шийка) є посадковою. Шпонкові пази 12 з правої сторони закриті очевидно для того, щоб попередити випадання шпонки при роботі.

На меншому діаметрі 4 виконана канавка 5, яка слугує для встановлення стопорного кільця. Останнє обмежує осьове зміщення деталі, яка посаджена на поверхню 7.

Виточка 10 дозволяє посадити деталь на вал (з її меншого торця) глибше вправо. При цьому поверхня 7, разом з посадженою на неї деталлю, займе необхідне для неї праве положення.

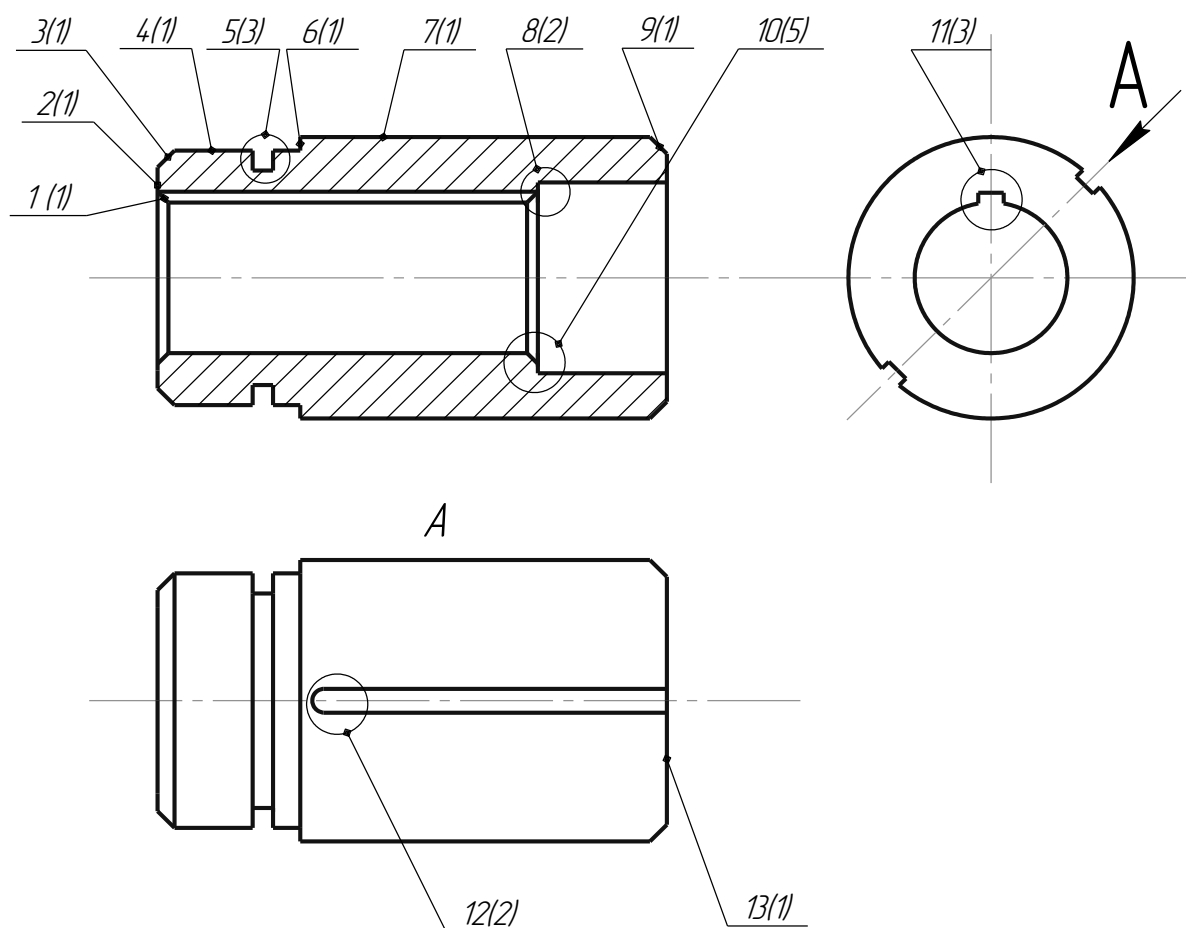


Рисунок 2.1 – Елементи переходника: 1, 3, 9 – фаска; 2, 13 – торець; 4, 7 – ступінчаста циліндрична поверхня; 5 – канавка; 6 – заплечик; 8 – виточка; 10 – ступінчастий отвір; 11 – шпонковий паз наскрізний; 12 – шпонковий паз напіввідкритий. В дужках помічена кількість поверхонь, що входять в елемент

Внутрішня фаска 1 і зовнішня фаска 9 явно мають технологічне призначення – полегшують установлення даної і приєднуваної деталей. Фаска 3 служить для округлення гострої країки.

Виявлені вище функції окремих елементів дозволяють зробити висновок, що дана деталь передає крутний момент з вала на іншу деталь, що дозволяє при цьому змістити останню дещо вправо. Отже, вона слугує перехідною деталлю.

Серед елементів, що їх можна отримати одним і тим же інструментом, можна відмітити такі:

а) відкриті елементи:

- шийка 7 (різець прохідний з $\phi=45^\circ$, шліф, круг – прямий плоский);
- торці 2 (різець підрізний);
- ступінчастий отвір 10 (свердло, зенкер, розвертка, протяжка);
- шпонковий паз 11 (протяжка шпонкова, різець довбальний);

б) напіввідкриті елементи:

- виточка 8 (різець розточний упорний з $\phi=90^\circ$);

- фаски 1, 3, 9 (різці для обточування і розточування з $\phi=45^\circ$, зенківка);
- пази шпонкові 12 (фрези шпонкові і кінцеві);
- заплечик 6 + діаметральна поверхня 4 (різець прохідний упорний);
- в) закриті елементи:
 - канавка 5 (різець канавковий (прорізний)).

Отже, частина елементів зручна для обробки, а обробка закритого елемента нескладна, оскільки він знаходиться на зовнішній поверхні деталі.

2.2 Оснащення, прилади, матеріали

1. Деталь.
2. Набір інструментів.
3. Методичні вказівки до виконання роботи.

2.3 Порядок виконання роботи

1. Перед виконанням роботи ознайомитись із правилами техніки безпеки.

2. Оформити ескіз заданої деталі.

3. Охарактеризувати поверхні деталі за функціональним призначенням.

4. Конструкторські бази: основні, допоміжні.

5. Уважно оглянути видану деталь і визначити основні її елементи.

Виконати ескіз деталі (без розмірів і в будь-якому масштабі), зробивши таку кількість видів і розрізів, яка необхідна для зображення всіх елементів деталі. Пронумерувати виявлені елементи і вказати кількість поверхонь, що входять в кожний елемент (див. рис. 2.1).

6. Описати виявлені елементи і їх конструктивно-технологічне призначення.

7. За призначенням окремих елементів сформулювати призначення деталі і дати їй назву.

8. Уважно оглянути ще раз всі елементи деталі і встановити, якими методами обробки і яким інструментом вони були отримані. Врахувати, що лезові методи обробки залишають на поверхні слід у вигляді канавок і створюють регулярний мікрорельєф, а абразивні методи обробки, даючи більш чисту поверхню, залишають слід у вигляді окремих коротких рисок і дають нерегулярну (хаотичну) картину рисок.

9. Перерахувати елементи, поверхні яких були оброблені одним інструментом, і вказати їх тип (відкритий, напіввідкритий, закритий).

10. Оформити звіт.

2.4 Зміст звіту

1. Найменування роботи.
2. Мета роботи.
3. Ескіз деталі, її призначення.
4. Позначення поверхонь за функціональним призначенням: основні, допоміжні конструкторські бази, вільні поверхні.
5. Характеристика елементів деталі, їх конструктивно-технологічне призначення.
6. Методи обробки, інструмент для обробки елементів деталі.
7. Елементи, що можуть бути оброблені одним інструментом.
8. Висновки.

2.5 Питання для самоперевірки

1. Дайте означення деталі.
2. Які поверхні називають основними базами?
3. Які поверхні називають допоміжними базами?
4. Які поверхні називають функціональними?
5. Які деталі називають базовими?
6. Що називають базою?
7. Яка база є конструкторською? Як поділяються конструкторські бази?
8. Дайте означення технологічної бази.
9. Знайдіть основні конструкторські бази на заданій викладачем деталі.
10. Знайдіть допоміжні конструкторські бази на заданій викладачем деталі.
11. Що називається елементом деталі?
12. Які елементи деталі є конструктивними і яке їх призначення?
13. Які елементи деталі мають технологічне призначення?
14. Вкажіть призначення елементів: бобишка, канавка, виточка, отвір центровий, шийка. Покажіть названі елементи графічно.
15. Які є типи елементів, що обробляються одним інструментом? Які з них найбільш зручні для обробки?
16. Які переваги поелементного вивчення креслення деталі?
17. Що дає використання елементів при записі технологічних переходів?

Рекомендована література: [1, 3, 4]

КОНТРОЛЬ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ДЕТАЛЕЙ МАШИН ПІД ЧАС ДЕФЕКТУВАННЯ

Мета роботи

1. Засвоїти поняття:

- мета дефектування;
- способи дефектування;
- засоби дефектування;
- параметри, що підлягають перевірці.

2. Отримати навички:

- застосування вимірювальних засобів;
- перевірки параметрів поверхонь деталей;
- дефектування деталей машин.

3.1 Загальні відомості

Контроль якості (quality Control) та дефектування деталей машин проводять з метою визначення їх технічного стану:

- деформація та зношування поверхонь;
- цілість матеріалу деталі;
- зміна властивостей та характеристик робочих поверхонь;
- збереження форми.

Процес **дефектування (repair defect)** значною мірою визначає **якість (quality)** відновлених деталей, а тому вивченню властивостей деталей, що підлягають відновленню, потрібно приділяти належну увагу. Спочатку при дефектації виконують зовнішній огляд деталей, їх макроаналіз для виявлення тріщин, забоїн, рисок, обломів, пробоїн, вм'ятин, прослаблення посадкових місць. Для кількісного виявлення дефектів та величини зношування використовують універсальний та спеціальний вимірювальні інструменти. При цьому кількісно вимірюють всі параметри деталей та механічні властивості (твердість, герметичність, пружність). При таких вимірах потрібно врахувати умови:

- **інструмент (tool)** та деталі повинні мати однакову температуру (це температура приміщення $18 \div 20$ °C);

- інструмент повинен бути перевірений службою метрології з відміткою строку дійсності;

- виміри повинні проводитись інструментом, що відповідає технічним умовам на дефектацію певних деталей;

- **похибка (Uncertainty)** вимірювання не повинна перевищувати поля допуску розміру деталі.

Перейдемо до практичного ознайомлення з класифікацією інструментів та приладів для вимірювань геометричних і деяких механічних параметрів, а також з рекомендаціями до використання інструментів та калібрів як окремо, так і в комплексі з різними пристроями. Класи інструментів для вимірювань показані в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Класифікація інструментів

Призначення інструментів	Параметри контролю	Характерне використання для дефектування
Вимірювання розмірів деталей	Розміри (діаметр, довжина, глибина, відстань між осями, між центрами отворів). Кути між площинами, осями, різі. Комплексні параметри деталей.	Штангенциркуль та інші штангенінструменти, мікрометричні інструменти, важельні прилади. Кутоміри, шаблони. Різьбоміри. Комплексний шліцевий калібр.
Контроль відхилення форми	Відхилення від циліндричності. Відхилення від площинності. Відхилення від форми заданого профілю.	Індикаторні пристрої, призми. Повірочні плити. Шаблони.
Контроль відхилення розташування поверхонь	Радіальне та торцеве биття. Розташування осей. Розташування поверхонь.	Прилад ПБ, струбцина з індикатором. Спеціальний пристрій з індикатором. Індикаторні пристрої, кутоміри.
Контроль параметрів шорсткості	Зняття профілограм з наступним їх аналізом. Порівняння зі зразками шорсткості.	Профілометри та профілографи. Зразки шорсткості поверхонь.

Галузі застосування вимірювальних інструментів наведені в табл. 3.2, комплексних калібрів в табл. 3.3.

Таблиця 3.2 – Застосування вимірювальних інструментів

Найменування	Ціна поділки, (мм)	Допуски деталі, (мм)	Величини, що вимірюються
Штангенциркуль	0,1 0,005	0,3 та більше	Лінійні, діаметральні розміри зовнішніх та внутрішніх поверхонь деталей
Штангенглибиномір	0,1 0,05	0,5 та більше 0,2 та більше	Глибина та висота параметрів деталей
Штангенрейсмас	0,1 0,005	0,5 та більше 0,2 та більше	Ті ж параметри для деталей, встановлених на повірочній плиті
Мікрометр (без позначення класу)	0,01	0,015-0,1	Посадкові місця під підшипники, параметри зубчастих коліс, шківів
Мікрометр нульового класу	0,01	0,012-0,02	Посадкові місця під підшипники, параметри зубчастих коліс, шківів
Мікрометричний нутромір	0,01	0,05-0,15	Внутрішні розміри корпусів, стаканів, фланців, кришок, обойм, шестерень, шківів
Мікрометричний глибиномір	0,01	0,03-0,2	Глибина та висота параметрів деталей
Індикаторний нутромір	0,01	0,03-0,15	Діаметри отворів, ширина пазів
Мікрометр важельний	0,002	0,003-0,015	Максимальні відхилення від номінального розміру

Таблиця 3.3 – Застосування комплексних калібрів

Найменування калібрів	Призначення калібрів
Комплексні шліцеві однозаходні калібри-пробки, калібри-кільця відповідно для внутрішніх та зовнішніх поверхонь	Перевірка відносного розташування поверхонь елементів шліцевих виробів та викривлення їх геометричної форми
Комплексні однозаходні калібри для перевірки положення відповідно ступиці та вала	Перевірка розміру та розташування шпонкового пазу
Комплексні двозаходні різьбові калібри-пробки та калібри-кільця	Перевірка поверхонь різьбових виробів
Комплексні однозаходні калібри для перевірки відстаней між осями отворів та відстані від бази до осі отвору	Перевірка міжосьових відстаней

Застосування методів контролю та оснащення для вимірювання форми і розташування поверхонь наведені в табл. 3.4.

Таблиця 3.4 – Застосування методів контролю та оснащення для вимірювання форми і росташування поверхонь

Форми, розташування поверхонь	Оснащення, що рекомендується для вимірювання	Метод контролю
1	2	3
Відхилення від круглості	Універсальні інструменти	Виконання вимірів у декількох напрямках
	Індикатор на штативі легкого типу, призми	Вимірювання биття поверхні деталі, розміщеної на призмі
Відхилення профілю поздовжнього перерізу	Універсальні інструменти	Виконання вимірювань в декількох напрямках та перерізах
Відхилення від прямолінійності та площинності	Лекальні лінійки, повірочні лінійки, щупи Повірочні лінійки та повірочні плити	Перевірка «на просвіт» та вимірювання щілин. Перевірка «на фарбу»
Відхилення форми або росташування поверхонь	Шаблони (профільні калібри), щупи	Перевірка «на просвіт» та вимірювання щілин щупом
Відхилення від співвісності відносно загальної осі	Комплексний прохідний калібр	Перевірка калібром
Радіальне биття	Прилад ПБЗ і індикатор	Перевірка стріли прогинання при обертанні в центрах
	Індикатор, призми індикатор на універсальному штативі	Перевірка стріли прогинання або відносного биття шийок при обертанні деталі на призмах
	Прилад ПБ з індикатором, оправка Повірочні призми, індикатор на універсальному штативі, прямий важіль	Перевірка биття зовнішньої поверхні відносно внутрішньої на оправці при обертанні деталі в центрах. Перевірка биття внутрішньої поверхні відносно зовнішньої при обертанні деталі на призмах

Продовження таблиці 3.4

1	2	3
Торцеве биття	Прилад ПБ з індикатором, кутовий важіль. Повірочні призми, індикатор на універсальному штативі, кутовий важіль	Перевірка биття торця при обертанні деталі в центрах. Перевірка биття торця при обертанні деталі на призмах
Відхилення від паралельності площин	Індикатор на універсальному штативі, повірочна плита	Перевірка відстані від однієї площини до іншої на заданій довжині
Відхилення від паралельності осі в площині	Індикатор на універсальному штативі, калібрувальна скалка, повірочна плита	Перевірка відстані від верхнього утворення скалки до плити в двох положеннях на заданій довжині
Відхилення від паралельностей осей	Індикатори на струбцині, калібрувальні скалки	Перевірка відстані між двома скалками на заданій довжині
Відхилення від перпендикулярності площин	Лекальний кутовик, щупи	Перевірка перпендикулярності «на просвіт» та вимірювання щілини щупом
Відхилення від перпендикулярності осі відносно площини	Лекальний кутовик, калібрувальна скалка, щупи	Перевірка перпендикулярності скалки, розміщеної в отворі до заданої площини кутовиком «на просвіт» та вимір щілини щупом
Відхилення від перпендикулярності двох осей	Спеціальні калібри	Перевірка перпендикулярності калібрами
	Спеціальні калібри, індикаторний пристрій	Перевірка перпендикулярності осей на заданій довжині

3.2 Оснащення, прилади, матеріали

1. Набір деталей для дефектування.
2. Прилади для вимірювання: штангенциркуль, мікромметр, індикатор, стійка, призми та ін.
3. Методичні вказівки до виконання роботи.

3.3 Порядок виконання роботи

1. Перед виконанням роботи ознайомитись із правилами техніки безпеки.
2. Отримати у викладача інструменти та деталь.
3. Виконати зовнішній огляд деталі, виявити дефекти типу тріщин, вм'ятин, вибоїн, викришування і т. п.
4. Виміряти розміри деталі на відповідальних поверхнях та занести їх до таблиці 3.5.
5. Зробити висновки щодо придатності деталі.
6. Оформити звіт.

Таблиця 3.5 – Дефекти, способи їх виявлення та усунення

Дефект	Спосіб виявлення дефекту. Вимірювальний інструмент	Розміри, мм		Висновки
		За кресленням	Дійсний	

3.4 Зміст звіту

1. Найменування роботи.
2. Мета роботи.
3. Ескіз деталі з указанням дефектів.
4. Ескіз ремонтного креслення деталі.
5. Характеристика використовуваних приладів для контролю та дефектування поверхонь деталі.
6. Таблиця вимірювань.
7. Висновки.

3.5 Питання для самоперевірки

1. Для чого використовують дефектування деталей?
2. Які існують способи визначення стану деталей?
3. Яке обладнання використовують при дефектуванні?
4. Як визначити тріщини та інші дефекти у деталей?
5. Вимоги до умов вимірювання та точності вимірювального інструменту.
6. Поверхні деталей, що підлягають контролю.
7. Калібри, їх використання для контролю параметрів деталей.
8. Контроль форми, відносного розташування поверхонь.

Рекомендована література [3, 5, 6, 7]

ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ БАЗУВАННЯ ЗАГОТОВОК У СИСТЕМІ ПРЯМОКУТНИХ КООРДИНАТ

Мета роботи

1. Засвоїти поняття:

- базування;
- база;
- комплект баз;
- опорна точка;
- схема базування;
- зміна баз;
- похибка базування;
- закріплення;
- установлення;
- технологічна база;
- вимірювальна база;
- установча база;
- напрямна база;
- правило «шести точок».

2. Отримати навички:

- вибору баз для заданої деталі;
- зображення схеми базування;
- розміщення опор;
- зображення схеми установлення;
- установлення деталі.

4.1 Теоретичні відомості

Згідно з [3] в машинобудуванні прийняті нижчевказані терміни та означення основних понять базування, що використовуються під час проектування технологічних процесів та конструювання машин.

Базування (locating) – надання заготовці чи виробу необхідного положення відносно вибраної системи координат.

База (base) – поверхня чи сукупність поверхонь, вісь, точка, що належать заготовці чи виробу і використовується для базування.

Комплект баз (set of bases) – сукупність трьох баз, що створюють систему координат заготовки чи виробу.

Опорна точка (locating point) – точка, символізує один із зв'язків заготовки чи виробу з вибраною системою координат.

Схема базування (locating chart) – схема розміщення опорних точок на базах заготовки чи виробу.

Зміна баз (Change base) – навмисна чи ненавмисна заміна одних баз іншими зі збереженням їх належності до конструкторських, технологічних чи вимірювальних баз.

Похибка базування (The error-based) – відхилення фактично досягнутого положення заготовки чи виробу під час базування від потрібного.

Закріплення (fixing) – прикладання сил чи пар сил до заготовки або виробу для забезпечення постійності їх положення, досягнутого під час базування.

Установлення (setting up) – процес базування й закріплення заготовки чи виробу.

Похибка установлення (nstallation error) – відхилення фактично досягнутого положення заготовки чи виробу під час установлення від необхідного.

Конструкторська база (the design base) – база, що використовується для визначення положення деталі чи складальної одиниці у виробі.

Основна база (basic base) – конструкторська база, що належить базованій деталі чи складальній одиниці та використовується для визначення її положення у виробі.

Допоміжна база (Support base) – конструкторська база, що належить деталі чи складальній одиниці та використовується для визначення положення приєднуваного до них виробу.

Технологічна база (technological base) – база, що використовується для визначення положення заготовки чи виробу в процесі виготовлення або ремонту.

Вимірювальна база (measuring base) – база, що використовується для визначення відносного положення заготовки чи виробу та засобів вимірювання.

Установна база (setting base) – база, яка позбавляє заготовку чи виріб трьох ступенів вільності – переміщення вздовж однієї координатної осі та обертання навколо інших осей.

Напрямна база (guiding base) – база, що позбавляє заготовку чи виріб двох ступенів вільності – переміщення вздовж однієї координатної осі та обертання навколо іншої осі.

Опорна база (rusting base) – база, що позбавляє заготовку чи виріб одного ступеня вільності – переміщення вздовж координатної осі або обертання навколо осі.

Подвійна напрямна база (double guiding base) – база, що позбавляє заготовку чи виріб чотирьох ступенів вільності – переміщення вздовж двох координатних осей та обертання навколо цих же осей.

Подвійна опорна база (double rusting base) – база, що позбавляє заготовку чи виріб двох ступенів вільності – переміщень уздовж двох координатних осей.

Для повної орієнтації заготовок при базуванні кількість і розташування опор повинно бути таким, щоб при дотриманні умови невідривності баз від опор заготовка не могла зрушуватися і провертатися щодо координатних осей. У цьому випадку вона позбавляється всіх ступенів свободи.

Кількість опор (точок), на які встановлюють заготовку, не повинна бути більша шести (правило шести точок). Найбільш стійке положення заготовки досягається тоді, коли відстань між опорами максимально можлива. Для реалізації цього положення необхідно за установну базу вибрати поверхню заготовки з найбільшою площею, як напрямну базу – поверхню найбільш протяжну; опорну базу – поверхню мінімальної площі.

Як пристосування при реалізації схеми базування використовується координатний кутник із сіткою отворів, в які встановлюються змінні опори (рис. 4.1).

4.2 Оснащення, прилади, матеріали

1. Пристосування для базування деталей.
2. Комплект опор.
3. Заготовки.
4. Штангенциркуль.

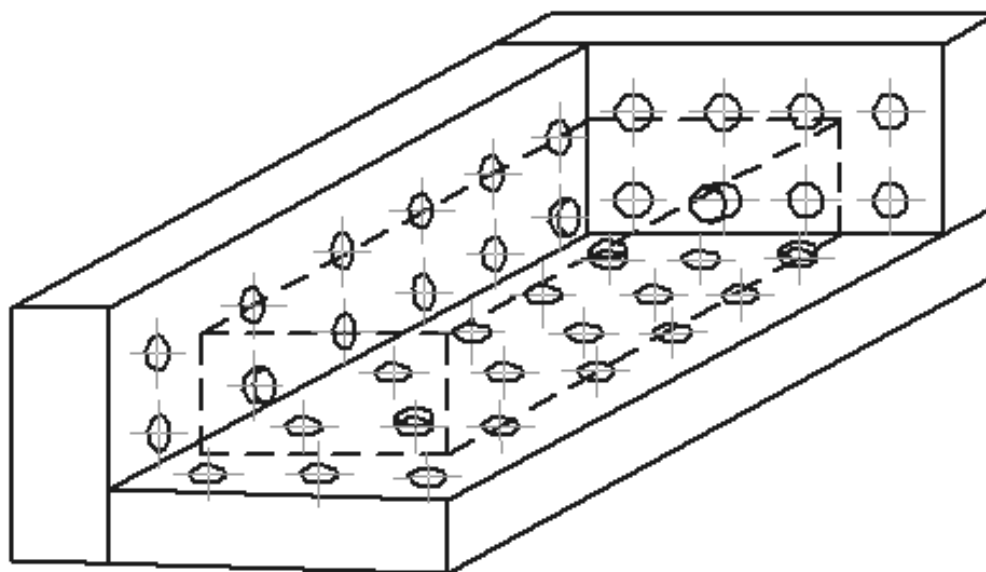


Рисунок 4.1 – Координатний кутник із сіткою отворів

4.3 Порядок виконання роботи

1. Одержати комплект заготовок.
2. Оформити ескізи заготовок і проставити розміри, отримані на вказаній викладачем операції.
3. Вибрати комплект технологічних баз на вказану для кожної заготовки операцію.
4. Зобразити теоретичну схему базування заготовок і вказати найменування баз.
5. Одержати пристосування з комплектом опор.
6. Реалізувати теоретичну схему базування.
7. Нанести на теоретичну схему базування реально отриману схему установлення в пристосуванні (іншим кольором).
8. Оформити звіт.

4.4 Зміст звіту

1. Найменування роботи.
2. Мета роботи.
3. Ескізи заготовок із теоретичними схемами базування в пристосуванні.
4. Ескізи заготовок із схемами установлення.
5. Висновки.

4.5 Питання для самоперевірки

1. Дати визначення бази.
2. Класифікація баз (конструкторські, технологічні, вимірювальні).
3. Правила вибору баз.
4. Визначення базування.

Рекомендована література [1, 2, 7, 8]

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5

ВИЗНАЧЕННЯ ПОХИБКИ БАЗУВАННЯ

Мета роботи

1. Засвоїти поняття:
 - похибка базування;
 - технологічний розмірний ланцюг;
 - складова ланка;
 - розмір налаштування;

- похибка налаштування.

2. Отримати навик:

- визначення похибки базування як складової сумарної похибки механічної обробки;
- розроблення заходів щодо мінімізації цієї похибки.

5.1 Теоретичні відомості

Згідно з [3] **похибка базування (error of locating)** – це відхилення фактично досягнутого положення заготовки або виробу від необхідного.

На операціях механічної обробки похибка базування може виникати, якщо обробляється партія заготовок на налаштованому на розмір верстаті. Похибка базування на певний технологічний розмір виникає завжди, якщо вибрана схема базування не забезпечує для всіх заготовок партії одного й того ж положення вимірювальної бази цього розміру. Кількісне значення похибки базування визначається як поле розсіювання положень вимірювальної бази партії заготовок у напрямі отриманого технологічного розміра.

Кількісне значення похибки базування можна знайти за допомогою побудови **технологічного розмірного ланцюга (technological size chain)** і розв'язання його рівняння. Ланкою замикання (link of shorting) цього ланцюга є розмір, для якого визначається похибка базування. Цей розмір завжди розташований між вимірювальною базою і поверхнею або віссю поверхні (якщо поверхня має циліндричну чи конічну форму), що утворилися після механічної обробки.

Розв'язуючи задачу розрахунку розмірного ланцюга вважають, що положення вершини налаштованого на розмір різального інструмента завжди збігається з обробленою поверхнею або, якщо обробляється циліндрична поверхня, – з її віссю. Тобто, нехтують іншими похибками механічної обробки. За такого припущення похибку базування визначають як поле розсіювання ланки замикання.

Складовими ланками (component links) розмірного ланцюга є розміри, допуски яких впливають на поле розсіювання ланки замикання, тобто на поле розсіювання того розміру, на який визначається похибка базування.

Якщо кількість складових ланок не більша трьох, то для розв'язання задачі розрахунку розмірного ланцюга використовують метод максимуму-мінімуму, якщо чотири і більше – то імовірнісний метод.

Для наочності розмірний ланцюг будують так, щоб його ланки розташовувались паралельно розміру, на який визначається похибка базування. Ланки позначають великими літерами українського алфавіту з індексами, що відповідають номінальним значенням відповідних розмірів.

Розробляючи технологічний процес механічної обробки, необхідно враховувати, що похибка базування відсутня у наведених нижче випадках.

1. Вимірювальна база розміру, на який визначається похибка базування, збігається з однією з технологічних баз, тобто виконується принцип суміщення баз. У цьому випадку вимірювальна база кожної із заготовок партії буде займати одне і те ж положення відносно налаштованого на розмір інструмента.

2. Поверхні, що координуються розміром, на який визначається похибка базування, отримані обробкою за одне встановлення заготовки. У цьому випадку вимірювальна база формується різальним інструментом в процесі механічної обробки безпосередньо в ході виконуваної операції і тому буде займати в усіх заготовках партії одне і те ж положення. Важливо, що обробка за одне встановлення забезпечує відсутність похибки базування як на розміри між поверхнями, що обробляються паралельно декількома інструментами, так і на розміри, що отримуються послідовною обробкою одним інструментом чи декількома різними інструментами.

3. Похибка базування відсутня на всі діаметральні розміри. Обробка циліндричної поверхні є окремим випадком обробки за одне встановлення, оскільки діаметральні розміри є розмірами між твірними циліндричної поверхні, а ці твірні завжди утворюються в процесі обробки тільки з одного встановлення.

Розглянемо приклад визначення похибки базування. Операційний ескіз, який відповідає прикладу, показаний на рис. 5.1.

На свердлильній операції обробляються два отвори діаметром $20^{+0,3}$ мм. При цьому мають бути забезпечені розміри: $20 \pm 0,2$ мм; $60 \pm 0,2$ мм; $30 \pm 0,1$ мм. Розмір $90 \pm 0,25$ мм отриманий на одній з попередніх операцій.

Для позначення похибки базування будемо використовувати індекс, що відповідає номінальному значенню розміра, на який ця похибка визначається.

Необхідно визначити: $\varepsilon_{\sigma\varnothing 20}$; $\varepsilon_{\sigma 60}$; $\varepsilon_{\sigma 20}$ і $\varepsilon_{\sigma 30}$.

Визначимо похибку базування на кожний із розмірів:

$\varepsilon_{\sigma\varnothing 20} = 0$, оскільки розмір $\varnothing 20$ мм є діаметральним;

$\varepsilon_{\sigma 60} = 0$, оскільки обидва отвори $\varnothing 20$ мм обробляються з одного встановлення;

$\varepsilon_{\sigma 20} = 0$, оскільки вимірювальна база цього розміру збігається з технологічною;

$\varepsilon_{\sigma 30} = 0$, оскільки, в даному випадку, вимірювальна база (А) не збігається з технологічною (Б).

Для визначення похибки базування на розмір $30 \pm 0,1$ мм з використанням вищенаведених правил будемо технологічний розмірний ланцюг.

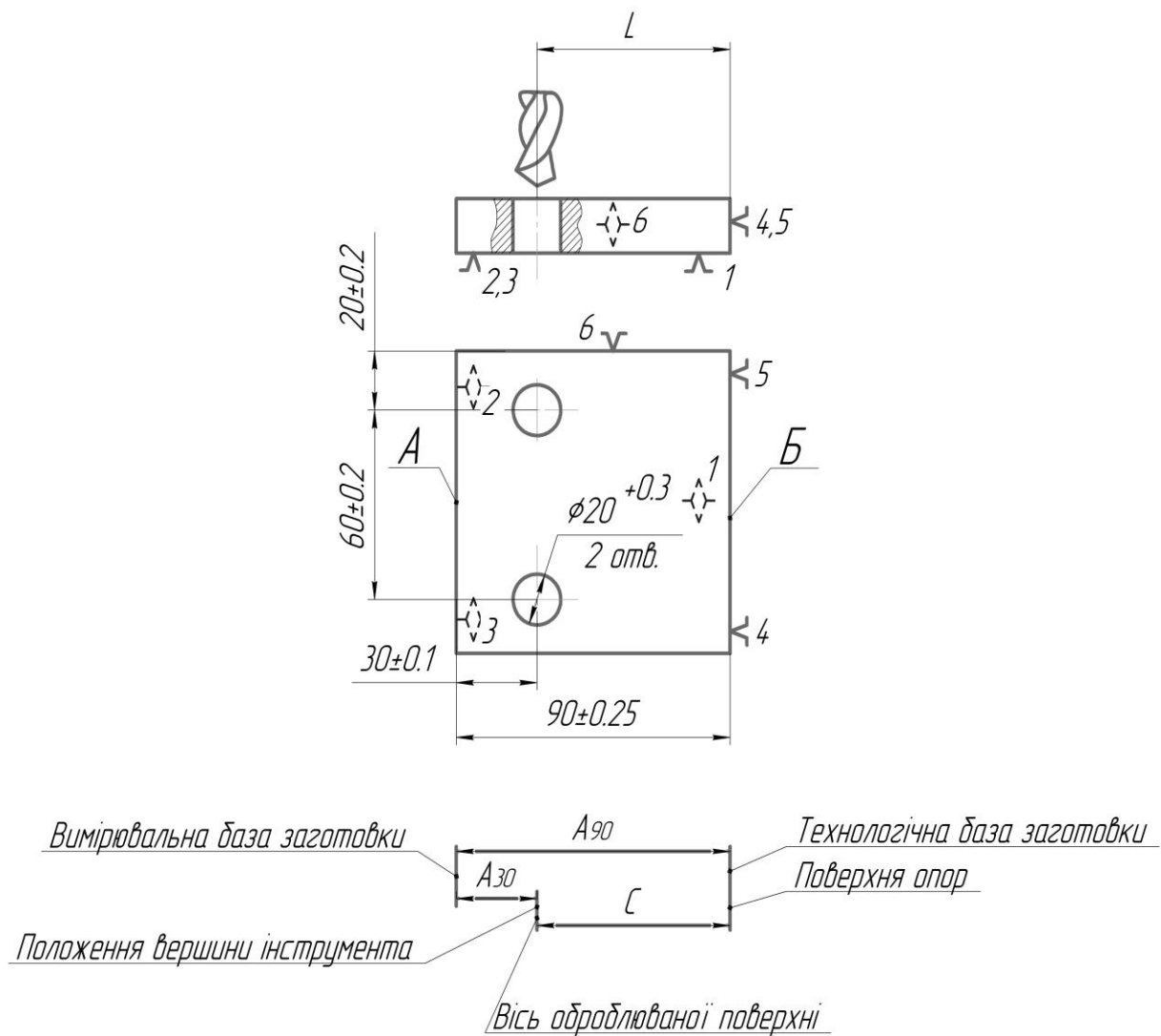


Рисунок 5.1– До прикладу визначення похибки базування

Однією зі складових ланок розмірного ланцюга є розмір, який визначає положення вершини налаштованого інструмента відносно опор пристрою. Цей розмір називають **розміром налаштування (size of tuning)** різального інструмента і позначають латинською літерою *S*. Вважають, що **допуск (admittance)** цього розміру дорівнює **похибці налаштування (error of tuning)**, яка входить у сумарну похибку механічної обробки як окрема складова. Тому, визначаючи похибку базування, умовно вважають, що допуск розміру *S* дорівнює нулю.

Таким чином, похибка базування на розмір 30 мм складає

$$\varepsilon_{\sigma 30} = d(A_S) = T(A_{90}) + T(C), \quad (5.1)$$

де $d(A_S)$ – поле розсіювання ланки замикання;

$T(A_{90})$ – допуск на розмір 90 мм;

$T(C)$ – допуск розміру настроювання *S*.

Відповідно з викладеним, вважаючи, що $T(C) = 0$, остаточно отримаємо

$$\varepsilon_{\sigma 30} = 0,5 + 0 = 0,5 \text{ мм.} \quad (5.2)$$

Оскільки похибка базування на розмір $30 \pm 0,1$ мм більша, ніж допуск на цей розмір (0,2 мм), то необхідно змінити схему базування, сумістивши технологічну базу з вимірювальною базою за рахунок перенесення опорних точок 4 і 5 з поверхні Б на поверхню А. За такої схеми базування $\varepsilon_{\sigma 30} = 0$, оскільки виконуватиметься принцип суміщення баз.

5.2 Порядок виконання роботи

1. Проаналізувавши операційний ескіз, вказати розміри, на які похибка базування не впливає.
2. Знайти похибку базування для решти розмірів, склавши відповідний розмірний ланцюг і розв'язавши його рівняння.
3. Розробити нову схему базування, яка забезпечує відсутність похибки базування на всі отримувані під час виконання операції розміри. Виконуючи завдання, вважати, що всі технологічні переходи виконуються з одного встановлення заготовки.
4. Оформити звіт.

5.3 Зміст звіту

1. Найменування роботи.
2. Мета роботи.
3. Операційний ескіз із запропонованою в індивідуальному завданні схемою базування.
4. Перелік розмірів, для яких за заданої схеми базування похибка базування відсутня, з поясненням технологічних обставин, які обумовлюють цю відсутність.
5. Розмірний ланцюг (чи ланцюги) і рівняння для визначення похибки базування з їх розв'язанням.
6. Операційний ескіз з новою схемою базування, яка забезпечує відсутність похибки базування на всі розміри, отримувані на операції.
7. Висновки.

5.4 Питання для самоперевірки

1. Що таке похибка базування і як кількісно вона визначається?
2. У яких випадках похибка базування відсутня?
3. Поясніть сутність принципу суміщення баз. Наведіть приклад.

4. Поясніть, чому відсутня похибка базування на розмір, який координує поверхні, що отримані обробкою за одне встановлення заготовки. Наведіть приклади.

5. Поясніть, чому відсутня похибка базування на діаметральні розміри.

Рекомендована література [1, 2, 7, 8]

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6

ТЕХНІЧНИЙ АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ДОСТУПНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Мета роботи

1. Засвоїти поняття:

- технічне обґрунтування;
- можливі способи відновлення;
- суть способу відновлення;
- обладнання, оснащення, матеріали для відновлення;
- план операцій відновлювання деталі.

2. Отримати навички:

- визначення раціонального способу відновлення та його обґрунтування;
- вибір обладнання, оснащення, матеріалів;
- складання плану операцій відновлювання поверхні.

6.1 Загальні відомості

Перед розробкою *технологічного процесу відновлення (recovery technological process)* деталі потрібно вивчити ремонтне креслення, а також технологічні вимоги і вказівки, єдині для відновлення експлуатаційних параметрів.

Потім слід підібрати для кожної поверхні раціональні *способи відновлення (way to recovery)*, що компенсують величину спрацювань, при цьому враховувати товщину шару, який необхідно наплавити (наростити) з урахуванням припуску на обробку, твердість спряжених деталей, вид спряження і характер його роботи, а також коефіцієнт довговічності (ресурсності), вартість вибраного способу і виробничі можливості ремонтного підприємства.

У таблицях (додатки А та Б) наведені різні способи усунення пошкоджень (компенсувальні спрацювання) окремих груп деталей та коефіцієнт довговічності.

Після вибору раціонального способу компенсації спрацювання намічають верстатні (слюсарні) способи, що забезпечують відновлення конфігурації, розмірів, точності і шорсткості робочих поверхонь деталі.

У таблиці додатка В наведені найбільш поширені верстатні способи, що застосовуються для відновлення деталей машин, а також залежність між діаметром і припуском на механічну обробку, допуском і шорсткістю оброблюваних поверхонь.

При виборі способу механічної обробки слід враховувати форму, розміри і матеріал деталі, а також нерівності наплавленого металу, твердість, наявність одностороннього спрацювання і наклепу, точність і шорсткість відновлюваних поверхонь, а також собівартість даної операції.

Відомості про застосування найважливіших слюсарних операцій для відновлення деталей у процесі ремонту машин подаються у підручниках.

Мідницькі роботи застосовуються для відновлення герметичності у малонавантажених деталях (радіаторах, маслоприймачах, поплавках і т. п.), а також для відновлення підшипників, покритих антифрикційним сплавом (бабітом), та для ремонту електрообладнання машин.

Поверхневу твердість деталей або їх окремих поверхонь відновлюють термічною обробкою (СВЧ та ін.), наклепуванням, накатуванням або застосуванням відповідного присадного матеріалу при наплавлуванні (нарощуванні).

Після ретельного вивчення ремонтного креслення, технічних вимог та вибору найраціональнішого способу відновлення деталі складають **технологічний маршрут (план операцій) (technological route)** на її відновлення. Технологічний маршрут складається таким чином, щоб були виконані «Спеціальні вказівки» з найменшими витратами коштів та праці. При цьому необхідно керуватись визначенням «Операції», умовно прийнявши певну партію деталей. Допускається розробляти технологічний процес, виконання якого можливе в умовах вузькоспеціалізованих ремонтних підприємств.

Послідовність операцій залежить від розмірів, конфігурації, точності, твердості і шорсткості поверхонь деталі, встановлених заводом-виробником. Враховуються також установні бази і технологічність виготовлення деталі.

У більшості випадків першою операцією буде відновлення (створення) базових поверхонь, потім призначаються операції для компенсації спрацювання і відновлення твердості (за необхідності). Наступними будуть верстатні (слюсарні) операції, при яких знімається основний припуск (чорнова обробка). Фінішними (чистовими) будуть операції (механічні або електрофізичні), які дають змогу відновити розмір, точність і шорсткість спряжених поверхонь деталі.

У першу чергу слід обробляти ті поверхні, на яких найменше втрачається шорсткість деталі при знятті металу. Це попередить вібрацію і

прогинання деталі в процесі наступної обробки. Суміщати чистові і чорнові операції не рекомендується.

За одну операцію слід відновлювати кілька поверхонь одним способом. Не допускається повернення деталі на одне і те ж робоче місце.

Якщо поверхневу твердість передбачається відновити термообробкою, то виконувати цю операцію слід після чорнової механічної обробки, тобто перед фінішною операцією (шліфуванням, притиранням і т. п.). При відновленні поверхневої твердості надклепуванням (накатуванням) слід суміщати дану операцію з іншими. Це дає можливість одержати остаточну твердість, розмір, точність і шорсткість відновленої поверхні за одну операцію.

Для відновлення поверхні деталі пропонують кілька маршрутів (планів операцій) і приймають найраціональніший. Маршрут повинен забезпечити відповідність між методами відновлення втраченого металу та наступної механічної обробки поверхні відновлюваної деталі. Крім цього необхідно врахувати економічну доцільність відновлення деталі вибраним способом.

6.2 Порядок виконання роботи

1. Перед виконанням роботи ознайомитись із правилами техніки безпеки.

2. Одержати завдання від викладача: ремонтне креслення деталі без вказування методів відновлення.

3. Вибрати можливі способи відновлення вказаних поверхонь (опис способів відновлення з описом методу нанесення покриття та механічної обробки, механічної обробки під ремонтний розмір) (додатки А, Б, В).

4. Вибрати раціональний варіант способу відновлення поверхонь.

5. Оформити звіт.

6.3 Зміст звіту

1. Найменування роботи.

2. Мета роботи.

3. Ремонтне креслення деталі з заповненими таблицями.

4. План операцій відновлення поверхонь.

5. Висновки.

6.4 Питання для самоперевірки

1. Назвіть та охарактеризуйте основні способи, що компенсують спрацювання деталей машин.

2. Що треба враховувати при виборі способів, що компенсують спрацювання деталей машин?

3. Яким чином підбирають раціональні способи відновлення поверхонь?

4. Назвіть та охарактеризуйте основні верстатні (слюсарні) способи, що застосовуються для відновлення деталей машин.

5. Що треба враховувати при виборі способу механічної обробки відновлених поверхонь?

6. Яким чином складається технологічний маршрут відновлення поверхонь деталі?

7. Від чого залежить послідовність операцій при розробці технологічного маршруту?

Рекомендована література [6, 9]

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 7

ВИЗНАЧЕННЯ ПРИПУСКІВ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ТА РОЗМІРІВ ЗАГОТОВКИ

Мета роботи

1. Засвоїти поняття:

- припуск;
- складові припуску;
- методика визначення припуску для різних поверхонь деталей.

2. Отримати навички:

- визначення складових елементів припуску механічної обробки поверхні деталі;
- розрахунку припуску для кожного переходу механічної обробки;
- визначення сумарного припуску механічної обробки;
- встановлення величини шару нанесення покриття.

7.1 Теоретичні відомості

Припуск (machining allowance) – це шар матеріалу, що видаляється у процесі механічної обробки заготовки з метою досягнення заданої точності та якості оброблюваної поверхні. Розрізняють проміжні й загальні припуски.

Проміжним припуском (Interim allowances) називається шар, що знімається під час виконання цього технологічного переходу механічної обробки, являє собою різницю розмірів заготовки, отриманих на суміжних попередньому й виконуваному технологічних переходах.

Загальним припуском (General allowances) називається сума проміжних припусків по всьому технологічному маршруту механічної

обробки даної поверхні, визначається як різниця розмірів заготовки та готової деталі.

$$Z_{0 \max} = \Sigma Z_{i \max}; \quad (7.1)$$

$$Z_{0 \min} = \Sigma Z_{i \min}; \quad (7.2)$$

Правильність розрахунків визначають з рівнянь

$$Z_{i \max} - Z_{i \min} = T_{i-1} - T_i; \quad (7.3)$$

$$2Z_{i \max} - 2Z_{i \min} = T_{Di-1} - T_{Di}; \quad (7.4)$$

$$Z_{0 \max} - Z_{0 \min} = T_z - T_\partial; \quad (7.5)$$

$$2Z_{0 \max} - 2Z_{0 \min} = T_{Dz} - T_{D\partial}; \quad (7.6)$$

де T_{i-1} , T_{Di-1} – допуски розмірів на попередньому переході; T_i , T_{Di} – допуски розмірів на виконуваному переході; T_z , T_{Dz} – допуски заготовки; T_∂ , $T_{D\partial}$ – допуски на деталь.

Розрахуємо припуски та граничні розміри для отвору $\varnothing 45^{+0,025}$ (мм) в диску (рис. 7.1), результати яких занесемо у таблицю (додаток Г).

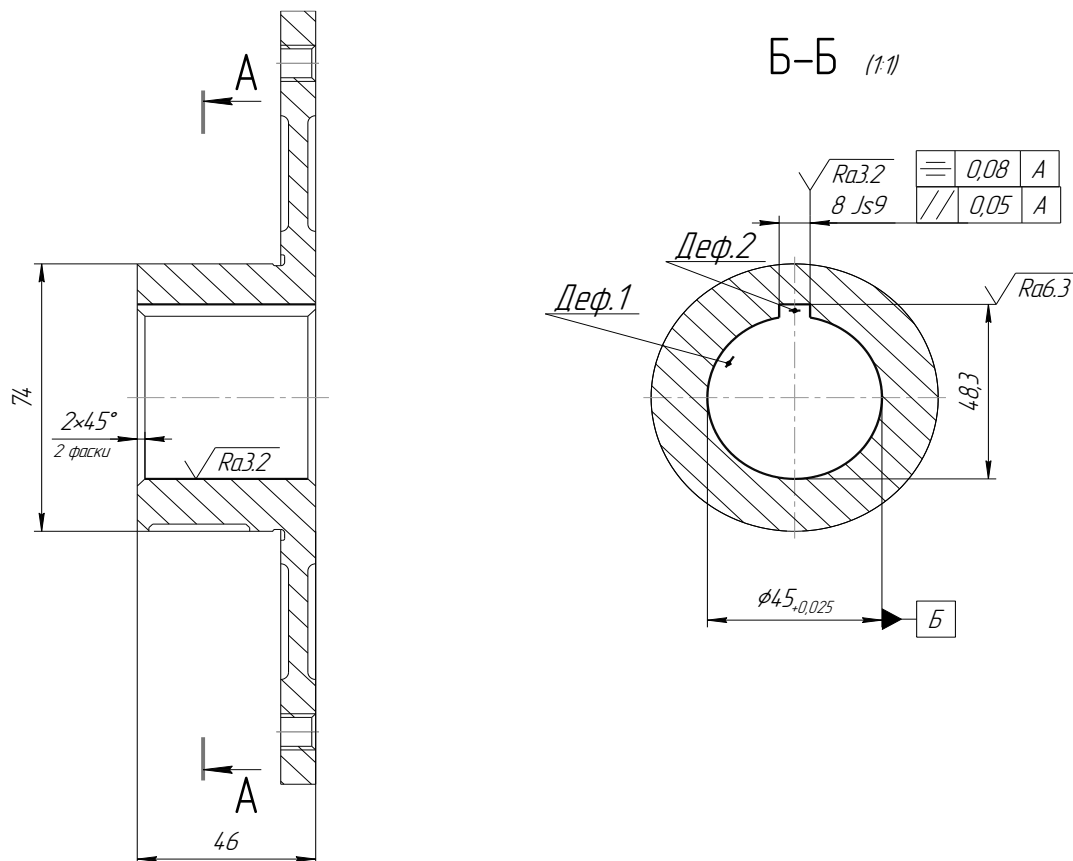


Рисунок 7.1 – Ескіз ремонтного креслення деталі

Розрахунковий мінімальний припуск на обробку:

$$2Z_{\min} = 2(R_{z(i-1)} + H_{(i-1)} + \sqrt{(\rho_{z(i-1)})^2 + \varepsilon_y^2})$$

$$2Z_{\min} = 2(R_{z(i-1)} + H_{(i-1)} + \rho_{z(i-1)}), \quad (7.7)$$

де R_z , H – табличні значення для відповідної операції [10 С. 188, табл. 25].

$$\rho = \Delta_k L_k, \quad (7.8)$$

де Δ_k – питома кривизна поверхні, $\Delta_k=5$ мкм/мм

$$L_k=0,5L. \quad (7.9)$$

де L – довжина заготовки, $L=46$ мм

Отже,

$$L_k=0,5 \cdot 46=23 \text{ мм},$$

звідси

$$\rho=5 \cdot 23=115 \text{ мкм},$$

при розточуванні:

$$\rho_1=0,06 \cdot 115 = 6,9 \text{ мкм};$$

при шліфуванні:

$$\rho_2 = 0,05 \cdot 115 = 5,75 \text{ мкм};$$

при чистовому шліфуванні:

$$\rho_3 = 0,04 \cdot 115 = 4,6 \text{ мкм}.$$

Визначаємо мінімальні операційні припуски.

При точінні:

$$2z_{\min}=2(120+100+115+80)=830 \text{ мкм};$$

при чистовому шліфуванні:

$$2z_{\min}=2(30+30+5,75+9)=150 \text{ мкм}.$$

Визначаємо розрахункові мінімальні розміри з формули:

$$B_{z,nn}=B_{v,дн}+Z_{заг}. \quad (7.10)$$

При чистовому шліфуванні:

$$D_1=45-0,150=44,85 \text{ мм};$$

при чорновому розточуванні:

$$D_2=44,85-0,312=44,538 \text{ мм};$$

при чистовому розточуванні:

$$D_3=44,538-0,830=43,708 \text{ мм}.$$

Визначаємо граничні розміри з формули:

$$B_{z,p} = B_{v,p} - T. \quad (7.11)$$

При чистовому шліфуванні:

$$d_{1\min}=45-0,025=44,975 \text{ мм};$$

при розточуванні:

$$d_{2\min}=44,85-0,075=44,775 \text{ мм};$$

при чорновому точінні:

$$d_{3\min}=44,538-0,275=44,263 \text{ мм}.$$

Визначаємо граничні значення припусків з формул:

$$2z_{1\min}=B_{\text{нм}(i-1)}-B_{\text{нн}}; \quad (7.12)$$

$$2z_{1\max}=B_{\text{н}\sigma(i-1)}-B_{\text{н}\sigma}. \quad (7.13)$$

При чистовому шліфуванні:

$$2z_{1\min}=45,-44,85=0,15 \text{ мм};$$

$$2z_{1\max}=44,975-44,775=0,2 \text{ мм};$$

при чорновому розточуванні:

$$2z_{2\min}=44,85-44,538=0,312 \text{ мм};$$

$$2z_{2\max}=44,775-44,263=0,512 \text{ мм};$$

при чистовому розточуванні:

$$2z_{3\min}=44,538-43,708=0,83 \text{ мм};$$

$$2z_{3\max}=44,263-43,033=1,23 \text{ мм}.$$

7.2 Порядок виконання роботи

Таблиця 7.1 – Порядок розрахунку припусків на обробку та граничних розмірів деталі

Для зовнішніх поверхонь	Для внутрішніх поверхонь
1	2
1. Користуючись робочим кресленням деталі та картою технологічного процесу, записати в розрахункову карту оброблювані поверхні заготовки та технологічні переходи обробки в послідовності їх виконання	
2. Записати значення R_z, T, p, E, δ	
3. Визначити розрахункові мінімальні припуски на обробку за всіма технологічними переходами	
4. Записати для кінцевого переходу до графі «Розрахунковий розмір» найменший граничний розмір деталі згідно з кресленням Записати для кінцевого переходу до графі «Розрахунковий розмір» найбільший граничний розмір деталі згідно з кресленням	
5. Для переходу, який передує кінцевому, визначити розрахунковий розмір додаванням до найменшого граничного розміру згідно з кресленням розрахункового припуску Z_{\min} Для переходу, який передує кінцевому, визначити розрахунковий розмір відніманням від найменшого граничного розміру згідно з кресленням розрахункового припуску Z_{\min}	

Продовження таблиці 7.1

1	2
6. Послідовно визначити розрахункові розміри для кожного попереднього переходу додаванням до розрахункового розміру розрахункового припуску Z_{\min} , наступного за ним переходу	Послідовно визначити розрахункові розміри для кожного попереднього переходу відніманням з розрахункового розміру розрахункового припуску Z_{\min} , наступного за ним переходу
7. Записати найменші граничні розміри за всіма технологічними переходами, округлюючи їх збільшенням розрахункових розмірів. Округлення вести до того знака десяткового дробу, з яким дано допуск на розмір кожного переходу	Записати найбільші граничні розміри за всіма технологічними переходами, округлюючи їх зменшенням розрахункових розмірів. Округлення вести до того знака десяткового дробу, з яким дано допуск на розмір кожного переходу
8. Визначити максимальні граничні розміри додаванням допуску до округленого мінімального граничного розміру	Визначити максимальні граничні розміри відніманням допуску від зокругленого максимального граничного розміру
9. Записати граничні значення припусків Z_{\max} як різницю найбільших граничних розмірів та Z_{\min} як різницю найменших граничних розмірів попереднього переходу та переходу, що виконується	Записати граничні значення припусків Z_{\max} як різницю найменших граничних розмірів та Z_{\min} як різницю найбільших граничних розмірів попереднього переходу, та переходу що виконується
10. Визначити загальні припуски $Z_{3a2_{\max}}$ і $Z_{3a2_{\min}}$, підсумовуючи проміжні припуски на обробку	
11. Перевірити правильність виконання розрахунків за формулами $z_{i_{\max}} - z_{i_{\min}} = \delta_{i-1} - \delta_i; 2z_{i_{\max}} - 2z_{i_{\min}} = \delta D_{i-1} - \delta D_i;$ $z_{3a2_{\max}} - z_{3a2_{\min}} = \delta_3 - \delta_\delta; 2z_{3a2_{\max}} - 2z_{3a2_{\min}} = \delta D_3 - \delta D_\delta.$	
12. Визначити загальний номінальний припуск за формулами: $z_{3a2_{\text{ном}}} = z_{3a2_{\min}} + H_3 - H_\delta;$ $2z_{3a2_{\text{ном}}} = 2z_{3a2_{\min}} + HD_3 - HD_\delta.$	Визначити загальний номінальний припуск за формулами: $z_{3a2_{\text{ном}}} = z_{3a2_{\min}} + B_3 - B_\delta;$ $2z_{3a2_{\text{ном}}} = 2z_{3a2_{\min}} + BD_3 - B_\delta.$

Розрахунок слід вести з використанням літературних джерел [7, С. 59–92; 10, т. 1, С. 175–197].

Вихідні дані для розрахунку припусків на обробку та їх результати слід заносити до таблиці 7.2.

Словник найуживаніших термінів

База – *base*
Допоміжна база – *auxiliary base*
Конструкторська база – *designing base*
Напрямна база – *guiding base*
Основна база – *main base*
Опорна база – *rusting base*
Подвійна напрямна база – *double guiding base*
Подвійна опорна база – *double rusting base*
Прихована база – *latent base*
Технологічна база – *technological base*
Установна база – *setting base*
Базовий елемент – *basic element*
Базування – *locating*
Виріб – *product*
Вузол – *node*
Вільні поверхні – *free surface*
Виконавчі поверхні – *executive surface*
Вимірювальна база – *measuring base*
Складальна одиниця – *assembly unit*
Граничні значення припусків – *limit values allowances*
Деталь – *item*
Дефектування – *repair defect*
Допоміжний час – *Support time*
Елемент – *element*
Загальні припуски – *general allowances*
Інструмент – *tool*
Комплект баз – *set of bases*
Контроль якості – *quality Control*
Оперативний час – *Operat*
Опорна точка – *locating point*
Основний час – *Basic time*
Похибка – *Uncertainty*
Підготовчо-завершальний час – *aration - the final time*
Припуск – *machining allowance*
Схема базування – *locating chart*
Способи відновлення – *way to recovery*
Технічна норма часу – *Technical standard time*
Технологічний процес відновлення – *recovery technological process*
Технологічний маршрут (план операцій) – *technological route*
Установлення – *setting up*
Час обслуговування – *Time of service*
Час технічного обслуговування – *Time Maintenance*

ЛІТЕРАТУРА

1. Балакшин Б. С. Основы технологии машиностроения : учебник для машиностроительных специальностей вузов. / Б. С. Балакшин. – М. : Машиностроение, 1969. – 358 с.
2. Данилевский В. В. Лабораторные работы и практические занятия по технологии машиностроения : учебное пособие для машиностроительных специальностей техникумов. / В. В. Данилевский, Ю. И. Гельфгат. – М. : Высшая школа, 1988. – 222 с.
3. Теоретичні основи технології виробництва деталей та складання машин : лабораторний практикум / Дерібо О. В., Дусанюк Ж. П., Мироненко О. М. – Вінниця : ВНТУ, 2006. – 119 с.
4. Иванов М. І. Технологічні основи сільськогосподарського машинобудування : Навчальний посібник / М. І. Иванов, Ж. П. Дусанюк, С. В. Дусанюк, О. М. Иванова. – Вінниця : Глобус – Прес, 2010. – 104 с.
5. Сборник задач и упражнений по технологии машиностроения / [Горленко О. А., Аверченков В. И., Горленко О. А., Ильницкий В. Б. и др.]. – М. : Машиностроение, 1988. – 192 с.
6. Молодык Н. В. Восстановление деталей машин : справочник. / Н. В. Молодык, А. С. Зенкин. – М. : Машиностроение, 1989. – 480 с.
7. Горбацевич А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения / А. Ф. Горбацевич, В. А. Шкред. – Минск : Вышэйша школа, 1983. – 255 с.
8. Бабук В. В. Проектирование технологических процессов механической обработки / В. В. Бабук, В. А. Шкред, Г. П. Кривко, А. И. Медведев. – Минск : Вышэйша школа, 1987. – 255 с.
9. Лауш П. В. Експлуатація і ремонт машинно-тракторного парку / Лауш П. В., Клименчук П. М., Завгородній М. Д. – Київ : Вища школа, 1984. – 204 с.
10. Справочник технолога-машиностроителя. т. 1 / [под. ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова] – М. : Машиностроение, 1985. – 656 с.

Додаток А

Таблиця А.1 – Способи компенсування спрацювання деталей машин

Назва способу	Спрацювання, мм	Галузь застосування
	Твердість відновленої поверхні HRC	
1	2	3
Хромування	0,1...0,20	Для нарощування деталей паливної апаратури, гідророзподільників і т. п.
	55	
Осталювання	0,20...0,8	Для нарощування посадкових місць у корпусних деталях, стаканів підшипників, на валах, осях і т. п.
	50...55	
Хімічне нікелювання	0,03...0,05	Для нарощування розпилювачів зворотних клапанів дизельної паливної апаратури і т. п.
	45...50	
Електроіскрове нарощування постійним струмом, вібрувальним електродом	0,03...0,05	Для нарощування посадкових місць на валах під кільця підшипників, торців стержнів клапанів, бойків коромисел, лез сегментів, ножів сільськогосподарських машин і т. п.
	60...70	
Електроімпульсне нарощування на верстатах	0,10...1,0	Для нарощування посадкових місць під підшипники на валах (осях) верстатів у нерухомих і перехідних посадках
	60...70	
Електроіскрове нарощування змінним струмом у рідкому середовищі	0,10...0,03	Для нарощування посадкових місць під підшипники на валах, стаканах підшипників у нерухомих і перехідних посадках
	56...60	
Наплавлювання під шаром флюсу без термообробки	1,5...1,3	Для наплавлювання циліндричних поверхонь діаметром понад 50 мм (опорні котки кареток, осі задніх мостів і т. д.) високовуглецевим дротом або маловуглецевим з додаванням до флюсу близько 2% порошкового феромарганцю (чавунної стружки, графіту)
	45...60	
Наплавлювання під шаром флюсу з наступною термообробкою	1,5...3,0	Для наплавлювання циліндричних поверхонь діаметром понад 50 мм (колінчасті вали, колінчасті осі, посадкові місця на валах, підшипники ковзання, шліци на валах і т. д.)
	45...50	

Продовження таблиці А.1

1	2	3
Вібродугове наплавлювання	0,3...1,0	Для наплавлювання циліндричних поверхонь діаметром понад 15 мм, що працюють під статичним навантаженням (посадкові місця підшипників кочення на валах, опорні шийки кулачкових валів і т.д.)
	36...60	
Наплавлювання у середовищі вуглекислого газу	0,3...0,5	Для наплавлювання циліндричних поверхонь діаметром понад 10 мм (стержні клапанів, різьба на валах), а також тонкостінних деталей (вісь коромисла, штовхачі)
	30...45	
Наплавлювання у середовищі водяної пари	0,5...0,8	Для наплавлювання циліндричних поверхонь діаметром понад 40 мм (посадкові місця на валах під підшипники кочення, опорні котки гусеничних тракторів і т. д.)
	35...55	
Плазмове наплавлювання	0,1...0,2	Для наплавлювання циліндричних поверхонь діаметром понад 30 мм (посадкові місця під підшипники, шліци, різьба на валах, шийки колінчастих валів і т. д.), а також лез ґрунтообробних робочих органів сільськогосподарських машин
	30...50	
Електрошлакове наплавлювання	4...8	Для наплавлювання деталей діаметром понад 100 мм (бігові доріжки опорних котків, підтримувальні ролики і т. д.) і деталі з одностороннім спрацюванням (цапфи опорних кареток гусеничних тракторів і т. д.)
	40...50	
Металізація	0,05...5,0	Для нанесення шару металу на циліндричну поверхню деталей типу валів діаметром понад 30 мм, що працюють під статичним навантаженням, а також для ремонту тріщин у ненавантажених місцях чавунних корпусних деталей
	30...55	

Продовження таблиці А.1

1	2	3
Ручне електрозварювання і наплавлювання	Твердість залежить від присадного матеріалу	Для заварювання тріщин і пробоїн (ремонт рам, холодне зварювання чавуну), а також для наплавлювання місцевих спрацювань з високою твердістю (бойки, коромисла, витискні важелі муфт зчеплення і т. д.)
Газове ручне зварювання	Твердість залежить від присадного матеріалу	При ремонті обшивки машин, кабін, баків для палива і мастил, усунення несправностей (тріщин, корозійних пошкоджень) у деталях з алюмінієвого сплаву, а також для наплавлювання лез лемешів і т. д.
Заливання рідкого металу	3...8	Для компенсації величини спрацювання у деталей діаметром понад 150 мм, а також для відновлення деталей зі значним і нерівномірним спрацюванням (деталі ходової частини гусеничних тракторів)
	40...55	
Пластичне деформування деталей із незначним спрацюванням	0,05...0,30	При відновленні зовнішніх розмірів порожнистих деталей роздаванням (поршневі пальці та ін.), внутрішніх розмірів обтискуванням (корпуси гідронасосів, гільзи плунжерів, гладкі шліцеві втулки та ін.), внутрішніх і зовнішніх розмірів осаджуванням (втулка верхньої головки шатуна) та роздаванням ширини шліців
	Вихідна	
Пластичне деформування деталей зі значним спрацюванням або деформацією	1,0...10,0	При відновлюванні головки клапанів, лемешів, лап культиваторів, зубів борін та інше за рахунок перерозподілу конструктивного запасу металу з неробочої ділянки деталей. Геометричну форму деформованих елементів базисних вузлів (рам), а також різноманітних тяг, кронштейнів відновлюють за допомогою зусиль, що викликають пластичні зміни в металі
	Вихідна	
Електромеханічна пластична деформація	0,05...0,20	При відновленні зовнішніх циліндричних поверхонь типу посадкових місць на валах (осях), а також для зміцнення деталей, відновлених металевим покриттям
	40...60	

Продовження таблиці А.1

1	2	3
Додатковою деталлю	0,10...10,0	Для відновлення посадкових місць у корпусних чавунних деталях (картер коробки швидкостей, маточини коліс і т. д.) гнізд клапанів, різьбових отворів, бігових доріжок підтримувальних роликів гусеничних тракторів і т. д.
	35...55	
Відновлення під ремонтний розмір	0,10...1,5	Для ремонту шийок колінчастих валів, кулачкових валів, гнізд клапанів, фасок і стержнів клапанів, отворів під стержні клапанів, штовхачів, різьбових отворів і т. д.
	Вихідна	
Відновлення деталей полімерними матеріалами	0,20...0,30	Для ремонту тріщин і корозійних руйнувань у ненавантажених місцях корпусних деталей, відновлення спряжень: «посадкове місце – підшипник кочення», «посадкове місце – втулка», а також для наклеювання фрикційних накладок і т. п.
	25...30	

Додаток Б

Таблиця Б1 – Приблизні значення коефіцієнтів довговічності відновлених деталей

Група відновлених деталей	Матеріал спряженої деталі	Коефіцієнти довговічності при відновленні								
		хромуванням	осталоуванням	вібродуговим наплавлюванням	наплавлюванням під шаром флюсу	наплавлюванням у вуглекислому газі	електроконтактним напиканням	способом ремонтних розмірів	ручним електродуговим наплавлюванням	електроіскровим нарощуванням
1	Бабіт	1,5... 1,8	1,0...1,2	0,9...1,0	0,8... 1,1	0,85...0,9	1,1...1,5	0,95...1,0	—	
	Бронза	1,1...1,3	1,1...1,2	0,9... 1,0	0,85... 1,0	0,8...0,85	1,2... 1,5	0,9... 1,0	—	
2	Сплав АСМ	1,1...1,2	0,95...1,1	0,7...0,8	0,75...0,85	0,8	—	0,9...1,0	—	
	Бронза	1,0...1,1	0,85...0,95	0,75...0,85	0,75...0,85	—	1,2... 1,5	0,85... 1,0	—	
3	Бронза	1,2...1,3	1,1...1,2	0,9...1,0	0,8...0,9	0,75...0,9	1,2...1,5	0,9...1,0	0,7...0,75	
4	Сірий чавун	2,5...3,0	1,5...2,0	—	—	—	—	—	—	
	Те ж	1,5...1,8	1,0...1,2	—	—	—	—	—	—	
5	Бронза	1,1...1,3	1,1...1,2	—	—	—	—	—	—	—
6	Сталь легована	0,9... 1,0	0,8...0,95	0,8...0,9	—	0,7...0,8	—	0,9	—	—
7	Сталь шарикопідшипникова	1,5...1,8	0,8...1,1	0,8...1,1	0,95...1,0	0,8...0,95	0,8...1,0	0,8...0,95	0,8	1,4... 1,5
8	Сталь легована	—	—	—	0,8...1,0	0,8...0,9	—	—	0,7...0,8	—
9	Сталь легована	—	—	—	0,85... 1,0	0,85... 1,0	—	—	0,8...0,9	—

Примітка. Наведені коефіцієнти довговічності належать до таких груп деталей:

- 1 – шийки валів, спряжені з підшипниками ковзання, які працюють під статичним навантаженням (кулачкові вали двигунів внутрішнього згорання, валики масляних і гідравлічних насосів);
- 2 – те ж, але при знакозмінному навантаженні (колінчасті вали);
- 3 – циліндричні поверхні валів, спряжених з бронзовими втулками (шкворні, валики водяних насосів і т. д.);
- 4 – циліндричні стержні з зворотно-поступальним переміщенням у напрямних (клапани, штовхачі та ін.);
- 5 – фіксовані циліндричні стержні, спряжені з втулками, які здійснюють обертовий або зворотно-поступальний і обертовий рухи одночасно;
- 6 – циліндричні поверхні хрестовини (карданних валів, сателітів головних передач і т. д.);
- 7 – циліндричні поверхні деталей, спряжені з внутрішніми кільцями підшипників кочення посадками з гарантованим натягом і перехідними посадками (вали трансмісії та ходової частини тракторні автомобілів і т. п.);
- 8 – шліцеві поверхні (вали коробки передач, редукторів і т. п.);
- 9 – зовнішні різьби на валах.

Додаток В

Таблиця В1 – Верстатні способи відновлення деталей

Спосіб і характер обробки	Діаметр, мм	Допуск на розмір, мм	Шорсткість, мкм	Застосування
	Припуск, мм	Квалітет	Клас шорсткості	
1	2	3	4	5
Обточування чорнове	20...80	0,21...0,35	50... 12,5	Попередня обробка посадкових місць на валах після наплавлювання та при виготовленні деталей типу валів із прокату та ковальських заготовок
	1,5...2,5	12...13	1...3	
чистове	20...80	0,052...0,120	6,3...1,6	Остаточна обробка посадкових місць на валах машин під втулки самовстановлюваних підшипників і т. д.
	0,6...0,8	9...10	4...6	
Розточування чорнове	50... 180	0,19...0,46	2,5...6,3	Попередня обробка наплавлених отворів у шатунах, посадкових місць напрямних коліс і при виготовленні кілець для відновлення посадкових місць у корпусних деталях і тощо
	1,2...2,0	11...12	2...4	
чистове	50...180	0,06...0,16	3,2...0,8	Розточування посадкових місць у корпусних деталях, гільз циліндрів і т. п.
	0,4...0,7	9...10	5...7	
тонке	50... 180	0,019...0,040	0,40...0,20	Розточування отворів у втулках гідронасосів, втулок розподільних валів, вкладишів і т. п.
	0,10...0,20	6...7	8...9	
Шліфування Чорнове	20...80	0,027...0,074	1,6...0,80	Попередня обробка посадкових місць на валах і отворів у корпусних деталях після наплавлювання і т. п.
	0,4...0,5	8...9	6...7	

Продовження таблиці В.1

1	2	3	4	5
чистове	10...80	0,012...0,030	0,40...0,20	Остаточне шліфування посадкових місць під підшипники на валах, штовхачів, стержнів клапанів і т. п.
	0,2...0,3	6...7	8...9	
тонке	10...80	0,008...0,020	0,10...0,65	Остаточне шліфування поршневих пальців, шийок колінчастих валів і т. п.
	0,10...0,15	5...6	10...11	
Обкатування	20...80	0,009...0,019	0,20...0,05	Для одержання необхідних розмірів і зменшення шорсткості посадкових місць на деталях типу валів, підвищення твердості поверхневого шару
	0,02...0,03	5...6	10...11	
Калібрування	10...120	0,009...0,035	0,20...0,05	Для одержання необхідних розмірів і зменшення шорсткості отворів у деталях типу втулок, циліндрів і т. п.
	0,02...0,03	5...7	9...11	
Свердлування (розсвердлювання)	10...30	0,110...0,130	12,5...3,2	Для розсвердлювання отворів до нормальних і ремонтних розмірів під різьбу
	-	11	3...5	
Розвертання	10...50	0,009...0,025	0,80...0,40	Для обробки отворів у деталях типу втулок шатунів, напрямних втулок клапанів і т. п.
	0,05...0,07	6...7	7...8	
Хонінгування (притирання)	80...180	0,015...0,018	0,20...0,25	Для зменшення шорсткості отворів у циліндрах двигуна, силових циліндрах гідросистеми і т. п.
	0,02...0,03	5	9...12	
Фрезерування площин	160x400	0,068...0,140	3,2...1,6	Для усунення короблення роз'ємних площин головок блока і т. п.
	2,5			

Додаток Г

Таблиця Г1 – Результати розрахунку припусків на обробку до граничних розмірів на технологічних переходах

Операція (переходи)	Елементи припуску, мкм				Розрахунк. припуск $2z_{min}$, мкм	Допуск, мкм	Розрах. розмір, мм	Квалітет	Граничний розмір, мм		Граничне значення припуску, мм	
	R_z	H	ρ	ϵ_y					d_{min}	d_{max}	$2z_{min}$	$2z_{max}$
Напилення	120	100	115	-	-	1200	43,033	14	43,033	44	-	-
Розточування	63	60	6,9	80	830	220	44,263	13	44,263	44,483	0,83	1,23
Шліф-ня (чорнове)	30	30	5,75	26	312	75	44,8	10	44,775	45,850	0,312	0,512
Шліф-ня (чистове)	10	20	4,6	9	150	25	45	7	45	45,025	0,15	0,2

Навчальне видання

**Савуляк Валерій Іванович
Шенфельд Валерій Йосипович
Дусанюк Жанна Павлівна**

ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ВІДНОВЛЕННЯ ПОВЕРХОНЬ

Лабораторний практикум

Редактор В. Дружиніна

Оригінал-макет підготовлено В. Савуляком

Підписано до друку 14.06.2017 р.
Формат 29,7×42¼. Папір офсетний.
Гарнітура Times New Roman.
Друк різнографічний. Ум. друк. арк. 3.2. 7,83
Наклад 50 (1-й запуск 1-20) пр. Зам. № 2017-199.

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

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