

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ  
УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
"КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ"**

НТУУ  
"КИЇВСЬКИЙ  
ПОЛІТЕХНІЧНИЙ  
ІНСТИТУТ"



МЕХАНІКО-  
МАШИНОБУДІВНИЙ  
ІНСТИТУТ



КАФЕДРА  
ТЕХНОЛОГІЇ  
МАШИНО-  
БУДУВАННЯ



**ТЕХНОЛОГІЯ  
МАШИНОБУДУВАННЯ**

**Методичні вказівки до практичних занять та самостійної  
роботи**

**КИЇВ  
2012**



**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ  
УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
"КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ"**

## **ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ**

**Методичні вказівки до практичних занять та самостійної  
роботи**

*Рекомендовано Вченою радою  
Механіко-машинобудівного інституту НТУУ "КПІ"*

КИЇВ  
2012

Технологія машинобудування: [Текст]: метод. вказівки до практичних занять та самостійної роботи для бакалаврів напряму підготовки 6.050502 "Інженерна механіка" / Уклад.: С.С.Добрянський, В.К.Фролов, Ю.М.Малафєєв - К.: НТУУ «КПІ», 2012. - 67 с. (електронне видання).

*Гриф надано Вченою радою  
Механіко-машинобудівного інституту НТУУ "КПІ"  
(Протокол №6 від 30.01.2012р.)*

Навчальне видання

## **ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ**

**Методичні вказівки**

**до практичних занять та самостійної роботи**

Укладачі: *Добрянський Станіслав Спиридонович*, канд.техн.наук, доц.  
*Фролов Володимир Костянтинович*, канд.техн.наук, доц.  
*Малафєєв Юрій Михайлович*, канд.техн.наук, доц.

Відповідальний редактор *В.П.Приходько*, канд.техн.наук, доц.

Рецензент *О.М.Кравець*, канд.техн.наук, доц.

*За редакцією укладачів*

У процесі вивчення дисципліни "Технологія машинобудування" студенти повинні засвоїти основні етапи проектування технологічних процесів при виготовленні деталей і складанні машин, навчитися застосовувати здобуті знання на практиці. Для набуття первісного досвіду проектування технологічних процесів передбачені практичні заняття, самостійна робота і виконання розрахунково-графічної роботи.

Мета цих методичних вказівок – надати допомогу студентам при проектуванні технологічних процесів виготовлення деталей машин та при виконанні передбаченої робочим навчальним планом розрахунково-графічної роботи.

## 1. ПОСЛІДОВНІСТЬ ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

При проектуванні технологічного процесу виготовлення деталі необхідно виконати наступне [16] :

- виконати технологічний контроль креслення;
- проаналізувати службове призначення деталі і умови її роботи у вузлі;
- визначити тип і форму організації виробництва;
- відпрацювати конструкцію деталі на технологічність;
- вибрати заготовку і обґрунтувати цей вибір техніко-економічно;
- розробити маршрутний технологічний процес;
- розробити операційний технологічний процес;
- підготувати технологічну документацію.

## 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ КОНТРОЛЬ КРЕСЛЕННЯ

При проектуванні технологічного процесу виготовлення деталі вихідним документом є її креслення. Технолог повинен проконтролювати робоче креслення деталі у відповідності до ГОСТ 14.206-73. У креслення входять відомості, необхідні для якісного виготовлення деталі і які дають повне уявлення про її конструкцію, а також усі проекції, розрізи, перерізи, які пояснюють конфігурацію деталі.

На робочому кресленні показують лінійні і кутові розміри з допустимими відхиленнями за ГОСТ 25346-82, ГОСТ 25347-82, "вільні" розміри за ГОСТ 25670-73 з указанням у технічних умовах квалітету їх виконання (звичайно в загальному і хімічному машинобудуванні "вільні" охоплювані розміри виконують за h14, охоплюючі – за H14, інші – за  $\pm IT 14/2$ ), шорсткість оброблених поверхонь, позначену у відповідності до ГОСТ 2789-73, ГОСТ 2.309-73, а також відхилення форми і розміщення поверхонь, позначені у відповідності до ГОСТ 24643-81, ГОСТ 2.308-79.

У технічних умовах на виготовлення деталі можна указувати додаткові відомості про матеріал деталі, види термічної обробки її окремих поверхонь, застосовувані захисні і декоративні покриття тощо.

При технологічному контролі креслення студентів необхідно використовувати раніше перераховані стандарти, а також [5, т. 3, гл.14; 16, дод.; 18, гл.3-6; 19; 20].

### 3. АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ДЕТАЛІ І УМОВ ЇЇ РОБОТИ У ВУЗЛІ

Усі вказані на кресленні відомості дозволяють зробити висновок про можливий спосіб отримання заготовки і намітити орієнтовний маршрут виготовлення деталі.

Для правильної побудови маршруту виготовлення деталі необхідно звернути увагу на її конструктивні особливості (наявність точних розмірів оброблених поверхонь і їх взаємного розміщення, наявність поверхонь з низькою шорсткістю тощо) і службове призначення.

У процесі докладного вивчення службового призначення деталі необхідно розглядати і аналізувати складальні креслення вузла, в який входить деталь, та функції вузла в роботі всього виробу. При навчальному проектуванні не завжди є можливість ознайомитися з складальними кресленнями виробу, тому студентам дозволяється на свій розсуд описувати службове призначення деталі, керуючись наступними загальними правилами.

Необхідно визначити клас, до якого відноситься деталь (корпусні деталі, круглі стержні, порожнисті циліндри, диски, некруглі стержні, невеликі деталі складної форми, кріпильні деталі, зубчасті колеса, спеціальні деталі), і провести аналіз деталі, що відноситься до конкретного класу.

Вали. Служать як опори для деталей, за допомогою яких виконується передавання обертального руху і крутячих моментів. Уточненням службового призначення вала повинна бути точність базування закріплених на ньому деталей, крутячий момент, що передається, і частота обертання.

Корпусні деталі, станини, плити, рами. Вони є в машинах базуючими елементами. Тому формулювання службового призначення деталей цього класу в першу чергу повинно відображати, як і з якою точністю деталь може визначати відносне положення інших деталей, які входять в неї або приєднуються до неї. Крім того, корпусні деталі часто використовуються як резервуари, камери згоряння, різні блоки тощо.

Зубчасті колеса. Служать для передавання крутячого моменту з одного вала на інший, передавання і перетворення частоти обертання. Уточнення службового призначення зубчастих коліс повинні включати в себе крутячий момент, що передається з вала на вал, частоту обертання зубчастих коліс і передаточне відношення.

Фланці, трубопроводи, посудини, кришки, які працюють під тиском. Призначені для зберігання і транспортування рідин та газів. При уточненні службового призначення цих деталей необхідно указувати робочий тиск, агресивні властивості робочої рідини або газу, характеристики приєднаних поверхонь, за якими виконується спряження даної деталі з іншими.

Важелі, шатуни, тяги тощо. Призначені для передавання і зміни напрямку руху, для перетворення обертального руху в зворотно-поступальний і навпаки. При уточненні службового призначення цих деталей необхідно указувати сили і крутячі моменти, що передаються, частоти зміни навантаження і їх характер.

Специфічність призначення кожної деталі і умови її роботи повинні бути, по можливості, докладно відображені при описуванні службового призначення.

Для цього необхідно проаналізувати форму, точність і якість виготовлення усіх поверхонь деталі, точність їх розміщення відносно інших поверхонь деталі. При аналізі необхідно звернути увагу на найменування деталі, технічні умови її виготовлення (термообробку та інше) і матеріал, з якого виготовляється деталь. Необхідно привести коротку характеристику матеріалу, указати його склад, фізико-механічні і технологічні властивості (наприклад, ливарні, оброблюваність тиском, різанням, зварюванням), після чого визначити можливий спосіб отримання заготовки (литво, поковка, штампована заготовка тощо).

При цьому студент може скористатись рекомендаціями [1, с.11-19; 5, т.2, гл.2-4; 15, с.11, 27-32; 16; 17, с.24-25; 25, с.132-136, 248-368; 26, с.368-450; 27, с.304-368; 29, с.20-56; 42, с.5-14, 74-77, 132-136, 254-256, 283-287, 308-310, 324, 331-335, 380-383, 393- 394, 417-418, 461].

#### 4. ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ І ФОРМИ ОРГАНІЗАЦІЇ ВИРОБНИЦТВА

Тип виробництва визначається кількістю продукції, яку випускає підприємство за одиницю часу, і її характером. У свою чергу він визначає форми організації технологічних процесів, які залежать від устанавленого порядку виконання операцій, розміщення технологічного обладнання, кількості виробів і напрямку їх руху при виготовленні.

У машинобудуванні умовно розрізняють три основних типи виробництва: одиничне, серійне і масове.

Одиничним називається виробництво, при якому вироби виготовляються в одному або декількох екземплярах. Повторне виготовлення цих виробів може не виконуватися або здійснюватися через невизначений час. Цей тип виробництва характеризується застосуванням універсального обладнання (токарно-гвинторізні, вертикально- і радіально-свердлильні, вертикально- і горизонтально-фрезерні, плоско- і круглошліфувальні та інші верстати), універсальних і нормалізованих пристроїв (наприклад, лещата, косинці, прихвати, універсальні ділильні головки, координатні столи тощо), стандартних

інструментів (стандартні різці, свердла, зенкери, розвертки, фрези, мітчики, плашки тощо).

У цьому випадку дільниці цехів звичайно компонуються за типом обладнання (дільниця токарних верстатів, дільниця фрезерних верстатів тощо). Технологічний процес обробки має ущільнений характер, тобто на одному верстаті виконується декілька операцій або відбувається повне виготовлення різних деталей.

Серійним називається виробництво, при якому вироби виготовляються серіями, що повторюються через певний проміжок часу. У залежності від кількості виробів у серії, їх розмірів і трудоемності їх виготовлення умовно розрізняють мало-, середньо- та великосерійне виробництво (табл.1).

Таблиця 1

Допоміжна таблиця для орієнтовного визначення типу виробництва [26]

Тип виробництва	Кількість виробів в серії		
	великих	середніх	малих
малосерійне	2...5	5...25	10...50
середньосерійне	5...25	25...150	50...300
великосерійне	> 25	> 150	> 300

У серійному виробництві дільниці цехів компонуються у вигляді поточкових ліній, в яких обладнання розставлено в порядку виконання технологічних операцій (дільниця виготовлення валів, дільниця виготовлення корпусних деталей, дільниця виготовлення шестерень тощо).

Технологічний процес розділяється на операції, які закріплені за окремими верстатами. Малосерійне виробництво впритул наближається до одиничного, а великосерійне – до масового. Тому серійне виробництво передбачає використання верстатів різних видів: від універсальних до спеціалізованих і спеціальних (токарно-револьверні верстати, токарні автомати та напівавтомати, агрегатні верстати тощо), а також верстатів з числовим програмованим керуванням (ЧПК) і багатоопераційних (багатоцільових).

У серійному виробництві поряд з універсальними застосовують універсально-збірні пристрої (УЗП), а також спеціалізовані і спеціальні пристрої і інструменти.

Для більш рівномірної і ритмічної роботи в серійному виробництві деталі виготовляють партіями. Кількість їх у партії:

$$n = N \cdot t / F, \text{ шт.}, \quad (1)$$

де  $N$  - річна програма випуску деталей, шт.;

$t$  – кількість днів, на які необхідно мати запас деталей (для великих деталей – 1,2,5; для малих – 5,10,20), шт.;

$F$  – число робочих днів у році (приймають рівним 240...250), шт.

Масовим називається виробництво, при якому здійснюється великий масштаб випуску однакових виробів і їх виготовлення проводиться шляхом безперервного виконання на робочих місцях одних і тих же операцій, які постійно повторюються.

У масовому виробництві дільниці цехів компонуються у вигляді безперервно-потоків або автоматичних ліній. Обладнання розставлено в порядку виконання технологічних операцій.

Для цього типу виробництва характерне застосування високопродуктивного вузькоспеціалізованого і спеціального обладнання, оснастки та інструменту.

Тип виробництва визначають розрахунково-аналітичним методом з визначенням коефіцієнта серійності або коефіцієнта закріплення операцій, а також аналоговим методом, який дає наближений результат.

На попередньому етапі проектування, а також у курсовому проекті (роботі) можна скористатися аналоговим методом, який ураховує масу деталі і річну програму випуску (табл.2).

Для більш глибокого ознайомлення з визначенням типу виробництва рекомендується вивчити [1, с.19-24; 8, с.35-39; 17, с.28-34; 26, с.16-25; 27, с.153-160; 28, с.7-11; 29, с.6-18; 39, с.9-11; 40, с.20-23; 44, с.22-26].

## 5. ВІДПРАЦЮВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ ДЕТАЛІ НА ТЕХНОЛОГІЧНІСТЬ

Мета аналізу технологічності деталі - виявити можливість зменшення металомісткості деталі, трудомісткості її механічної обробки і використання високопродуктивних методів обробки. При аналізі технологічності деталі використовують ГОСТ 14.201-83 та ГОСТ 14.205-83.

Таблиця 2

Залежність типу виробництва від обсягу випуску і маси деталі

Маса деталі, кг	Тип виробництва				
	одичне	мало-серійне	середньо-серійне	великосерійне	масове
до 1,0	до 10	10...2000	2000...75000	75000...200000	>200000
>1,0...2,5	до 10	10...1000	1000...50000	50000...100000	>100000
>2,5...5,0	до 10	10...500	500...35000	35000...75000	>75000
>5,0...10,0	до 10	10...300	300...25000	25000...50000	>50000
>10,0	до 10	10...200	200...10000	10000...25000	>25000

Застосовують якісний та кількісний методи оцінки технологічності. Останній передбачає розрахунок таких показників технологічності деталі, як коефіцієнт точності обробки, коефіцієнт шорсткості та інше. Проте в зв'язку з тим, що повна формалізація конструкції деталі утруднена, кількісний і якісний



методи застосовують паралельно. У розрахунково-графічній роботі допускається використання тільки якісного методу оцінювання технологічності.

При цьому аналіз технологічності рекомендується виконувати в такій послідовності:

- на основі вивчення робочого креслення деталі, умов її роботи і заданого масштабу виробництва визначити вид заготовки і спосіб її отримання, урахувавши при цьому економічні фактори;

- визначити поверхні, які можуть бути використані при базуванні деталі, а також необхідність і можливість введення допоміжних баз;

- установити можливість застосування високопродуктивних методів обробки;

- з метою отримання високого ступеня точності і потрібної низької шорсткості поверхонь визначити необхідність в додаткових викінчуючих операціях;

- порівняти точність, шорсткість, відхилення форми і взаємного розміщення поверхонь деталі з можливостями металорізальних верстатів;

- визначити можливість безпосереднього контролю розмірів, що задані на кресленні;

- визначити конструктивні елементи деталі, які перешкоджають її жолобленню в процесі термооброблення, а також відповідність матеріалу деталі прийнятним видам термічного оброблення.

Далі наведені загальні рекомендації до аналізу технологічності окремих типів деталей і заготовок.

При аналізі технологічності литих заготовок необхідно вибрати спосіб лиття, визначити положення вилівка у формі, призначити площину рознімання, намітити базові поверхні для механічної обробки, вибрати кількість і розміщення стержнів, визначити товщину стінок вилівка тощо.

Спосіб лиття вибирають з урахуванням матеріалу деталі, її конфігурації і точності, програми випуску. Необхідно урахувати, що якщо прийняти вартість 1 т вилівоків з сірого чавуну за одиницю, то вартість 1 т вилівоків з інших матеріалів складає: з ковкого чавуну – 1,3; з вуглецевої сталі – 1,6; з кольорових сплавів – 3...6.

Конфігурація вилівка повинна забезпечувати її безперешкодне витягування з форми, а стержнів – з стержньових ящиків. Для цього передбачають формувальні уклони, наведені в ГОСТ 3212-80, і радіуси заокруглень. Ливарна форма повинна мати одну площину рознімання, усі западини, виїмки, ребра та інші елементи повинні мати напрям, перпендикулярний до площини рознімання форми. Залишки додатків та ливників необхідно суміщати з припуском на обробку.

При литті в піщані форми мінімальна товщина стінок:

$$\Delta_{\min} = (L / 200) + 4, \text{ мм} \quad (2)$$

де  $L$  – найбільший габаритний розмір заготовки, мм.

При литті в металеві форми (кокілі): для силуміну  $\Delta_{\min} = 3$  мм; для сталі  $\Delta_{\min} = 8...10$  мм; для чавуну (без вибілювання)  $\Delta_{\min} = 15$  мм. При литті за моделями, що виплавляються,  $\Delta_{\min} = 1...2$  мм, а мінімальний діаметр литого отвору – 2 мм.

При аналізі технологічності гарячештампованих заготовок необхідно враховувати наступне:

- технологічні бази для механічної обробки повинні формуватися в одній порожнині штампа;
- форма заготовки повинна забезпечувати вільне її витягування з штампа, для чого передбачають штампувальні уклони і радіуси переходів;
- штамп повинен розніматися по площині, в якій розміщені найбільші габаритні розміри заготовки.

При виготовленні деталей на металорізальних верстатах аналіз технологічності їх конструкції має свої особливості в залежності від класу деталей.

При аналізі технологічності корпусних деталей необхідно відповісти на наступні запитання:

- чи допускає дана конструкція обробку площин напрохід і що заважає такому видові обробки?
- чи дозволяє форма отворів розточувати їх напрохід з одного або двох боків?
- чи можна оброблювати отвори одночасно на багатошпindelних верстатах з урахуванням відстаней між осями цих отворів?
- чи є вільний доступ різального та вимірювального інструменту до оброблюваних поверхонь?
- чи потрібне підрізування торців отворів з внутрішніх сторін вилівка і чи можна його усунути?
- чи є глухі отвори і чи можна їх замінити наскрізними?
- чи є оброблювані площини, які розміщені під тупими і гострими кутами, і чи можна їх замінити площинами, що розміщені взаємно-паралельно або перпендикулярно?
- чи є отвори, що розміщені не під прямим кутом до площини входу інструмента, і чи можна змінити ці елементи?
- чи достатня жорсткість деталі, чи не обмежує вона режими різання?
- чи немає в конструкції деталі внутрішньої різьби великого діаметра і чи можна замінити її іншими конструктивними елементами?
- чи передбачені в конструкції деталі достатні за розмірами і відстанями між ним базові поверхні?; якщо їх немає, то які треба вибрати допоміжні бази?
- наскільки простий спосіб отримання заготовки (вилівка, штампованої заготовки тощо)?

- чи правильно вибрані елементи конструкції, які обумовлюють спосіб отримання заготовки?

- чи доцільно, ураховуючи програму випуску, замінити матеріал деталі і спосіб отримання заготовки (наприклад, замість лиття отримувати заготовку зварюванням)?

При аналізі технологічності валів визначають наступне:

- чи можна оброблювати поверхні вала напрохід?

- чи зменшуються у напрямі до кінців діаметральні розміри шийок вала?

- чи можна зменшити діаметри великих фланців і буртів або виключити їх взагалі?; як це вплине на коефіцієнт використання металу?

- чи можна замінити закриті шпонкові канавки відкритими, які оброблюються більш продуктивними дисковими фрезами?

- чи можна замінити ступінчасті вали менш трудомісткими гладкими?

- чи мають поперечні канавки ступінчастих валів форму і розміри, придатні для обробки на гідрокопіювальних верстатах?

- чи допускає жорсткість вала отримання високої точності обробки (вал вважається недостатньо жорстким для отримання 6...8 квалітетів точності при відношенні його довжини до діаметра  $L/D > 10...12$ ; для менш точних валів це відношення може дорівнювати 15; при багаторізцевій обробці його необхідно зменшити до 10).

При аналізі технологічності зубчастих коліс необхідно визначити можливість застосування високопродуктивних методів формоутворення зубчастого вінця пластичним деформуванням у гарячому або холодному стані.

Ознаки технологічної конструкції зубчастого колеса такі:

- простота форми центрального отвору, оскільки складні отвори значно підвищують вартість обробки, викликаючи необхідність застосування револьверних верстатів і токарних напівавтоматів;

- простота конфігурації зовнішнього контуру зубчастого колеса, тому що найбільш технологічні зубчасті колеса – без маточин, які виступають за ширину вінця;

- наявність маточин, розміщених з одного боку, тому що в цьому випадку на оправці одночасно установлюють дві заготовки колеса, що підвищує продуктивність зубонарізування на 25...30%;

- симетричне розміщення перемичок між маточиною і вінцем для зубчастих коліс, що підлягають термічній обробці; порушення цієї вимоги приводить до значних односторонніх деформацій при термообробці;

- правильна форма та розміри канавок для виходу інструментів;

- можливість багаторізцевої обробки в залежності від співвідношення діаметрів вінців і відстані між ними.

Подібним чином проводять аналіз технологічності і для інших деталей, які мають аналогічні елементи конструкції.

Необхідно враховувати, що поняття технологічності відносне. Одна і та ж деталь може бути технологічною для масового виробництва і нетехнологічною

для малосерійного (наприклад, складний ажурний корпус, отриманий литтям під тиском з силуміну), тому що затрати на виготовлення дорогої оснастки в малосерійному виробництві не окупуваються.

Для повнішого аналізу технологічності деталей рекомендується використати [1, с.11-19; 17, с.26-28; 24, с.419-429; 26, с.30-36; 27, с.160-184; 29, с.9-13; 30, с.127-150; 43, гл.3].

## 6. ВИБІР ЗАГОТОВКИ І ЙОГО ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

Проектування технологічного процесу виготовлення деталі починають з вибору заготовки. На вибір способу отримання заготовки впливають такі характеристики: матеріал деталі, її конфігурація, форми поверхонь і їх розміри, технічні умови на виготовлення деталі, обсяг і серійність випуску.

Вибрати заготовку – означає визначити спосіб її отримання, розрахувати або підібрати за таблицями припуски на механічну обробку усіх поверхонь і указати допуски на виготовлення заготовки, передбачити необхідні ливарні або штампувальні уклони і радіуси переходів і скласти креслення заготовки з указанням площини рознімання ливарної форми або штампа.

Остаточне рішення про вибір способу отримання заготовки приймають після комплексного розрахунку собівартості заготовки і деталі. При цьому порівнюють декілька варіантів і вибирають такий, при якому забезпечується мінімальна собівартість деталі, що включає в себе вартість виготовлення заготовки і її механічної обробки.

При економічному обґрунтуванні вибору виду будь-якої заготовки для проектного технологічного процесу можливі наступні три варіанти:

- спосіб отримання заготовки приймають аналогічним до того, який уже існує в даному виробництві; оскільки в цьому випадку вартість заготовки не змінюється, то вона не враховується при визначенні технологічної собівартості виготовлення деталі; при обґрунтуванні правильності вибору заготовки достатньо послатися на довідкову літературу, де для заданих умов рекомендується цей варіант як оптимальний;

- спосіб отримання заготовки змінюється відносно базового варіанту, проте при цьому не змінюється технологічний процес механічної обробки; у цьому випадку перевагу віддають заготовці, яка характеризується кращим використанням металу і меншою вартістю;

- спосіб отримання заготовки змінюється відносно базового варіанту і в результаті цього суттєво змінюється ряд операцій механічної обробки заготовки; у цьому випадку питання про доцільність застосування нового виду заготовки вирішують тільки після визначення повної технологічної собівартості деталі, що включає затрати на виготовлення заготовки і її механічну обробку.

Основні види заготовок для деталей машин у залежності від їх матеріалу, призначення і форми такі:

- литі заготовки з чавунів, сталей і кольорових сплавів;

- гаряче- і холодноштамповані, ковані та пресовані заготовки з сталей, алюмінієвих сплавів і латуней;
- заготовки з пруткового прокату і листового матеріалу;
- заготовки з неметалевих матеріалів (пластмас, текстоліту, деревини, скла, гуми та інші);
- зварні заготовки.

## 6.1. Литі заготовки

Складні фасонні деталі, які не підлягають ударним навантаженням, виготовляють з чавунних виливків. Деталі складної конфігурації, що працюють у важких умовах, отримують із сталевих виливків.

Якість і вартість литих заготовок у великій мірі залежить від способу її виготовлення. Найбільш розповсюджені способи лиття чорних металів – у земляні форми за дерев'яними моделями при ручному формуванні, в земляні форми при машинному формуванні за металевими моделями та інші. У табл.3 наведені основні характеристики литих заготовок[8].

Застосування машинного формування за металевими моделями дозволяє суттєво підвищити якість і продуктивність виготовлення виливків у порівнянні з ручним формуванням.

Лиття в оболонкові форми застосовують головним чином при отриманні складних відповідальних виливків. При автоматизації цей спосіб дозволяє отримати до 450 напівформ за годину.

Лиття в металеві форми (кокілі) економічно обґрунтоване при розмірі партії не менше 300...500 шт. Лиття за моделями, що виплавляються, економічно доцільне для литих деталей складної конфігурації з важкооброблюваних сталей при розмірі партії понад 100 шт.

Лиття під тиском економічно доцільне при розмірі партії 1000...2000 шт. та більшому і застосовується для виготовлення заготовок з алюмінієвих, цинкових та латунних сплавів. Продуктивність – до 1000 виливків за годину.

Відцентрове лиття застосовують для отримання заготовок, що мають форму тіл обертання.

Економічна доцільність застосування виливків [28]:

$$C_3 = G_3 \cdot C_{рм} + A \cdot (1 + q_3/100) + C_m/n + B \cdot T \cdot (1 + q/100), \text{ грн.} \quad (3)$$

де  $G_3$  – маса рідкого металу, що витрачається на заготовку, кг;

$C_{рм}$  – вартість 1 кг рідкого металу, грн.;

$A$  – сума заробітної плати за роботи заготівельного цеху, грн.;

$q_3$  – накладні витрати заготівельного цеху, %;

$C_m$  – вартість моделі і стержньових ящиків, грн.;

$n$  – кількість заготовок, яку можна вилити за допомогою однієї моделі, шт.;

Таблиця 3

Характеристики способів виготовлення литих заготовок з чавуну, сталі, кольорових і спеціальних сплавів [2,8]

Спосіб виготовлення заготовки	Розміри або маса		Точність виконання розмірів заготовки класу (ГОСТ 26645-85)	Шорсткість Rz, мкм (Ra, мкм)	Тип виробництва
	найбільші	найменші			
Лиття в землю при ручному формуванні за дерев'яними моделями	не обмежені	товщина стінки 3...8 мм	8...16	320...80 (80...20)	одиничне, мало-серійне
Лиття в землю при машинному формуванні за дерев'яними моделями	10...15 т		6...13	80...20 (20...5)	серійне
Лиття в землю при машинному формуванні за металевими моделями зі складанням стержнів в кондукторах	3...5 т		4...12	40...10 (10...2,5)	велико-серійне, масове
Лиття в напівпостійні (цементні, графітові, асбесто- і графітоалебастрові) форми	30 т		6...13	320...80 (80...20)	серійне
Лиття в оболонкові форми, алюмінієве	100 кг	товщина стінки 1...1,5 мм	4...10	40...10 (10...2,5)	серійне, масове
Лиття в оболонкові форми, сталеве		товщина стінки 3...5 мм			
Лиття сталеве за моделями, що виплавляються	50 кг	товщина стінки 0,5 мм	3...6	40...10 (10...2,5)	серійне, масове
Лиття під тиском (зі сплавів кольорових металів)	100 кг			20 (5) і менше	велико-серійне, масове
Лиття в металеві форми	0,5...7 т	4...15 мм	4...12	80...10 (10...2,5)	серійне, масове
Відцентрове лиття	0,01...3 т	0,5 мм		160...40 (40...10)	

В – годинна зарплата робітника, що виконує чорнову обробку, грн.;

Т – калькуляційний час оброблення заготовки, год.;

q – накладні витрати механічного цеху, %.

В (3) входять коефіцієнти, що залежать від економічних показників роботи конкретного ливарного цеху, які студентам звичайно невідомі.

Для проектних робіт вартість литих заготовок, а також заготовок, отриманих гарячим штампуванням, визначають так [1]:

$$C_3 = (C_i/1000) \cdot G \cdot K_T \cdot K_c \cdot K_B \cdot K_M \cdot K_{II} - (G - g) \cdot (C_{\text{відх}}/1000), \text{ грн.} \quad (4)$$

де  $C_i$  – базова вартість 1 т заготовок, грн.;

$K_T, K_c, K_B, K_M, K_{II}$  – коефіцієнти, що залежать від класу точності, групи складності, маси, марки матеріалу і обсягу виробництва заготовок;

G – маса заготовки, кг;

g – маса готової деталі, кг;

$C_{\text{відх}}$  – вартість 1 т відходів, грн.

У розрахунково-графічній роботі допускається для наближеного економічного обґрунтування правильного вибору заготовки приймати [1]:

- вартість 1 т виливків з сірого чавуну (СЧ 10, СЧ 15, СЧ 18, СЧ 20, СЧ 21 масою 1...3 кг, 14...16-го класів точності розмірів за ГОСТ 26645-85), отриманих литтям у звичайних земляних формах та кокілях, складає  $C_1 = 7200$  грн.; для інших металів вона збільшується в  $K_M$  разів; значення коефіцієнта  $K_M$  наведені в табл.4;

- для виливків з вуглецевих сталей, отриманих литтям за моделями, що виплавляються, вартість 1 т складає  $C_2 = 39700$  грн.;

- для виливків з алюмінієвих сплавів, отриманих литтям під тиском, вартість 1 т складає  $C_3 = 25300$  грн.

Таблиця 4

Значення коефіцієнта  $K_M$  для різних матеріалів [1]

Матеріал виливка	$K_M$
Чавун	
СЧ 10, СЧ 15, СЧ 18, СЧ 20, СЧ 21	1,00
СЧ 24, СЧ 25, СЧ 30, СЧ 35, СЧ 40, СЧ 45	1,09
ВЧ 38-17, ВЧ 42-12, ВЧ 45-5, ВЧ 50-7, ВЧ 50-2, ВЧ 60-2, ВЧ 70-2, ВЧ 80-2, ВЧ 100-2, ВЧ 120-2	1,24
КЧ 30-6, КЧ 33-8, КЧ 35-10, КЧ 37-12, КЧ 45-6, КЧ 50-4, КЧ 56-4, КЧ 60-3, КЧ 63-2	1,15
Сталь	
Вуглецева	1,21
Низьколегована	1,60
Легована	2,2...2,6
Мідноцинкові сплави і бронзи олов'янисті	4,15
Цинкові сплави	3,40

У розрахунково-графічній роботі можна прийняти значення решти коефіцієнтів, що входять в (4), рівним одиниці. Вартість відходів наведена в табл.5.

Таблиця 5

Заготівельні ціни за 1 т стружки чорних та кольорових металів

Вид стружки	Вартість, грн.
чавунна	496
сталева	452...562
латунна	6820...8080
бронзова	10140...21660
алюмінієва	4800...6300

Після економічного обґрунтування правильності вибору виду заготовки розробляють її креслення (ескіз).

Креслення вилівка з технічними вимогами повинно включати усі дані, що необхідні для виготовлення, контролю і приймання вилівка, і виконується у відповідності з вимогами стандартів ЄСКД і ГОСТ 3.1125-88.

При викреслюванні вилівка враховують усі припуски на механічну обробку разом з технологічними формувальними уклонами і радіусами переходів.

Контур заготовки наводять суцільною основною лінією, а контур вписаної в заготовку деталі – тонкою суцільною. Приклад оформлення креслення литої заготовки наведений в ГОСТ 3.1125-88.

Формувальні уклони литих заготовок, що забезпечують вільне витягування моделей з форми або визволення стержнів з стержньових ящиків, призначають поверх припуску на механічну обробку за ГОСТ 3212-80 (табл.6). В ребрах жорсткості уклони доводять до  $5...8^{\circ}$ , а в невисоких бобишках, платиках і планках – до  $30...45^{\circ}$ .

При виборі заготовки, отриманої литтям, рекомендується використовувати ГОСТ 1412-85, ГОСТ 4832-80, ГОСТ 7293-85, ГОСТ 7769-82, ГОСТ 1215-79, ГОСТ 26358-84, ГОСТ 977-75, ГОСТ 2176-77, ГОСТ 21357-87, ГОСТ 19200-80, ГОСТ 18169-86, ГОСТ 26645-85, ГОСТ 17819-84, ГОСТ 18111-72.

Більш детально про литі заготовки можна прочитати в [1, с.28-39; 2, т.1, с.116-134; 3, с.142-153; 5, т.3, с.8-37; 39 с.58-73; 40, с.81-83].

Радіуси заокруглень у литих деталях приймають рівними 1, 2, 3, 5, 8, 10, 15, 20, 25, 30, 40 мм, попередньо визначивши їх за залежностями, наведеними в табл.7.

Допустимі відхилення розмірів вилівок визначають за ГОСТ 26645-85 (табл.8). Значення граничних відхилень, розміщених симетрично відносно номінальних розмірів вилівка, наносять на креслення вилівка.



Формувальні уклони зовнішніх поверхонь моделей  
або стержньових ящиків (ГОСТ 3212-80)[2]

Вимірювальна висота поверхні моделі, мм	Уклони (не більше) при моделях			
	таких , що виплавляються	оболонкових форм	металевих	дерев'яних
до 20	0°20′	0°45′	1°30′	3°00′
>20...50	0°15′	0°30′	1°00′	1°30′
>50...100	0°10′	0°30′	0°45′	1°00′
>100...200	-	0°20′	0°30′	0°45′
>200...300	-	0°20′	0°30′	0°30′
>300...800	-	-	0°20′	0°30′
>800...2000	-	-	-	0°20′
>2000	-	-	-	0°15′

## 6.2. Ковані та штамповані заготовки

Заготовки у вигляді поковок застосовуються для виготовлення деталей, що працюють на вигин, крутіння, розтягування і які мають значну різницю розмірів поперечних перерізів окремих елементів. При цьому прагнуть отримати конфігурацію заготовок, максимально наближену до форми деталі.

Поковки, що отримують вільним куванням, застосовують в одиничному та малосерійному виробництві, а також при виготовленні великогабаритних деталей. Для цих поковок ГОСТ 7829-70 установлює припуск на механічну обробку різанням, граничні відхилення на номінальні розміри поковки, а також напуски для поковок та умови їх призначення.

У серійному та масовому виробництві заготовки отримують у відкритих або закритих штампах на ковальсько-пресовому обладнанні. У табл.9 наведені основні способи отримання заготовок і їх характеристики.

При виборі заготовок, що отримують під тиском, необхідно мати на увазі, що найпродуктивніші способи – це холодна висадка на автоматах та поперечно-гвинтова прокатка (продуктивність до 350 шт./хв.).

Штамування на кривошипних пресах у 2...3 рази продуктивніше, припуски і допуски на 20...35% менші у порівнянні зі штампуванням на молотах, розхід металу на поковки знижується при цьому на 10...15%.

Заготовки деталей типу стержнів з потовщенням, кілець, втулок, деталей з наскрізними або глухими ( у тому числі глибокими) отворами та деякі інші [8] доцільно отримувати на горизонтально-кувальних машинах (ГКМ). Кування і

штампування підвищують механічні властивості металу, які дуже часто регламентуються технічними вимогами на виготовлення деталі.

Таблиця 7

Радіуси заокруглень в литих заготовках [2]

Ескіз	Пара-метр	Формули для визначення параметрів для литва	
		У пісчаній формі	У кокіль і під тиском
	R	$a / 2$	$a / 3$
	$R_1$	$a + R$	$a + R$
	c	$2\sqrt{b-a}$	$2\sqrt{b-a}$
	h	8c	8c
	R	$(a + b) / 4$	$(a + b) / 6$
	$R_1$	$R + (a + b) / 2$	$R + (a + b) / 2$
	R	$a / 2$	$a / 3$
	$R_1, R_2$	$(a + b) / 4$	$(a + b) / 6$
	$c_1$	$2\sqrt{b-a}$	$2\sqrt{b-a}$
	$h_1$	$8c_1$	$8c_1$
	$c_2$	$1,5\sqrt{b-a}$	$1,5\sqrt{b-a}$
	$h_2$	$12c_2$	$12c_2$

## Допустимі відхилення на розміри виливків за ГОСТ 26645-85

Інтервали номінальних розмірів, мм	Допуски розмірів виливків, мм, не більше, для класів точності розмірів виливків																				
	1	2	3т	3	4	5т	5	6	7т	7	8	9т	9	10	11т	11	12	13т	13	14	15
До 4	0.06	0.08	0.10	0.12	0.16	0.20	0.24	0,32	0.40	0.50	0.64	0.8	1.0	1.2	1.6	2.0	-	-	-	-	-
>4...6	0.07	0.09	0.11	0.14	0.18	0.22	0.28	0.36	0.44	0.56	0.70	0.9	1.1	1.4	1.8	2.2	2.8	-	-	-	-
>6...10	0.08	0.10	0.12	0.16	0.20	0.24	0.32	0.40	0.50	0.64	0.80	1.0	1.2	1.6	2.0	2.4	3.2	4.0	5.0	-	-
>10...16	0.09	0.11	0.14	0.18	0.22	0.28	0.36	0.44	0.56	0.70	0.90	1.1	1.4	1.8	2.2	2.8	3.6	4.4	5.6	7	-
>16...25	0.10	0.12	0.16	0.20	0.24	0.32	0.40	0.50	0.64	0.80	1.00	1.2	1.6	2.0	2.4	3.2	4.0	5.0	6.4	8	10
>25...40	0.11	0.14	0.18	0.22	0.28	0.36	0.44	0.56	0.70	0.90	1.10	1.4	1.8	2.2	2.8	3.6	4.4	5.6	7.0	9	11
>40...63	0.12	0.16	0.20	0.24	0.32	0.40	0.50	0.64	0.80	1.00	1.20	1.6	2.0	2.4	3.2	4.0	5.0	6.4	8.0	10	12
>63...100	0.14	0.18	0.22	0.28	0.36	0.44	0.56	0.70	0.90	1.10	1.40	1.8	2.2	2.8	3.6	4.4	5.6	7.0	9.0	11	14
>100...160	0.16	0.20	0.24	0.32	0.40	0.50	0.64	0.80	1.00	1.20	1.60	2.0	2.4	3.2	4.0	5.0	6.4	8.0	10.0	12	16
>160...250	-	-	0.28	0.36	0.44	0.56	0.70	0.90	1.10	1.40	1.80	2.2	2.8	3.6	4.4	5.6	7.0	9.0	11.0	14	18
>250...400	-	-	0.32	0.40	0.50	0.64	0.80	1.00	1.20	1.60	2.00	2.4	3.2	4.0	5.0	6.4	8.0	10.0	12.0	16	20
>400...630	-	-	-	-	0.56	0.70	0.90	1.10	1.40	1.80	2.20	2.8	3.6	4.4	5.6	7.0	9.0	11.0	14.0	18	22
>630...1000	-	-	-	-	-	0.80	1.00	1.20	1.60	2.00	2.40	3.2	4.0	5.0	6.4	8.0	10.0	12.0	16.0	20	24
>1000...1600	-	-	-	-	-	-	-	1.40	1.80	2.20	2.80	3.6	4.4	5.6	7.0	9.0	11.0	14.0	18.0	22	28
>1600...2500	-	-	-	-	-	-	-	-	2.00	2.40	3.20	4.0	5.0	6.4	8.0	10.0	12.0	16.0	20.0	24	32
>2500...4000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.20	3.60	4.4	5.6	7.0	9.0	11.0	14.0	18.0	22.0	28	36
>4000...6300	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.0	6.4	8.0	10.0	12.0	16.0	20.0	24.0	32	40
>6300...10000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8.0	10.0	12.0	16.0	20.0	24.0	32.0	40	50

Таблиця 9

Характеристики основних способів виготовлення заготовок тиском  
(вуглецеві, леговані сталі і спеціальні сплави) [2,8]

Спосіб виготовлення заготовки	Розміри або маса		Точність виконання розмірів заготовки	Шорсткість Rz, мкм (Ra, мкм)
	найбільші	найменші		
Штампуння на молотах і пресах	200 кг	товщина стінки 2,5 мм	за ГОСТ 7505-89, 7062-79	320...160 (80...40)
Штампуння з наступним карбуванням	100 кг		0,05...0,1 мм	40...10 (10...2,5)
Штампуння (висадка) на ГКМ		діаметр 200 мм	0,1 кг	за ГОСТ 7505-89
Штампуння видавлюванням	0,2...0,5 мм		320...160 (80...40)	
Фасонне вальцювання на кувальних вальцях	50 кг	товщина стінки 2,5 мм	за ГОСТ 7505-89	320...160 (80...40)
Прокатування штучних заготовок на поперечно-гвинтових та спеціальних верстатах	250 кг	0,1 кг	0,5...2,5 мм	
Холодна висадка на автоматах	діаметр 30 мм	діаметр 1 мм	8...12 квалітет	20...10 (5...2,5)
Штампуння на калібрувальних кривошипних пресах	100 кг	товщина стінки 2,5 мм	на 20...25% вища, ніж при штампунні на молотах	320...160 (80...40)

При економічному обґрунтуванні вибору заготовки вартість штампунної поковки і її чорної обробки складає:

$$C_3 = G_3 \cdot C_{\text{п}} + C_{\text{ш}} \cdot (1 + q_3/100) + C_{\text{шт}}/n + B \cdot T \cdot (1 + q/100), \text{ грн.}, \quad (5)$$

де  $G_3$  – маса матеріалу, що витрачається на заготовку, кг;

$C_{\text{п}}$  – ціна 1 кг прокату, грн.;

- $C_{ш}$  – вартість штампувальних робіт, грн.;
- $q_3$  – накладні витрати заготівельного цеху, %;
- $C_{шт}$  – вартість штампа, грн.;
- $n$  – кількість поковок, що виготовляють одним штампом, шт.;
- $B$  – годинна зарплата робітника, що виконує чорнову обробку, грн.;
- $T$  – калькуляційний час оброблення штампованої заготовки, год.;
- $q$  – накладні витрати механічного цеху, %.

Для розрахунку за (5) необхідне знання багатьох економічних показників конкретного виробництва. Тому в розрахунково-графічній роботі розрахунок вартості штампованої поковки можна виконувати за (4). У цьому випадку за базову приймають вартість 1 т штампованих поковок  $C_i = 7460$  грн.[1] (штамповані поковки з конструкційної вуглецевої сталі масою 2,5...4 кг, середнього класу точності за ГОСТ 7505-89, ступінь складності С1).

Коефіцієнти вибирають за наступними даними.

В залежності від класу точності штамповок за ГОСТ 7505-74 значення коефіцієнта  $K_T$  приймають [1]:

- для першого класу точності – 1,05;
- для другого класу точності – 1.

В залежності від марки матеріалу штампованої поковки значення коефіцієнта  $K_M$  складає:

- для вуглецевої сталі (сталь 08...сталь 85 ) – 1;
- для сталі 15Х...сталі 50Х – 1,18;
- для сталі 18ХГТ...сталі 30ХГТ – 1,27;
- для сталі ШХ15 – 1,62;
- для сталі 12ХНЗА...сталі 30ХНЗА – 1,98.

Усі інші коефіцієнти, що входять в (4), розрахунково-графічній роботі можна прийняти рівними одиниці. Вартість відходів приведена в табл.5.

При виконанні креслення штампованої поковки, як і при виконанні креслення вилівка, повинні бути вказані усі технічні умови, усі дані, необхідні для виготовлення штампованої поковки і її контролю. При викреслюванні штампованої поковки враховуються усі припуски на механічну обробку, штампувальні уклони і радіуси переходів. Контур заготовки наводиться суцільною основною лінією, а контур вписаної в заготовку деталі викреслюється тонкою штрих-пунктирною лінією з двома точками за ГОСТ 3.1126-88.

В ГОСТ 7505-89, ГОСТ 7062-79 та ГОСТ 7829-70 наведені допуски на розміри і припуски на механічну обробку, ковальські напуски і радіуси заокруглень зовнішніх та внутрішніх кутів штампованих поковок. Там же наведені приклади оформлення креслення поковки. ГОСТ 3.1126-88 установлює правила виконання графічних матеріалів на поковки.

Загальні технічні умови виготовлення поковок з конструкційної вуглецевої та легованої сталей наведені в ГОСТ 8479-84. Там же наведені рекомендації по вибору марки сталі в залежності від діаметра (товщини) поковки і необхідної міцності.

При проектуванні поковки необхідно враховувати, що виконання наскрізних отворів або заглибин у поковках, що виготовляються на пресах та молотах, обов'язкове в тих випадках, коли осі отворів або заглибин співпадають з напрямом руху повзуна преса або баби молота, а розміри або діаметри отворів і заглибин більші або дорівнюють висоті поковок, але не менші 30 мм. Заглибини виконуються загальною глибиною не більшою, ніж 0,8 від їх діаметра.

При виготовленні поковок на ГKM виконання наскрізних отворів і заглибин обов'язкове у випадку, коли осі отворів і заглибин у поковках співпадають з напрямом руху висаджувального повзуна, а діаметри або розміри отворів і заглибин, що прошиваються, не менші 30 мм, їх довжина не перевищує трьох діаметрів.

При оформленні креслення поковки штампувальні уклони, які розміщуються паралельно руху баби молота або повзуна преса, повинні призначатися за ГОСТ 7505-89 (табл.10), а радіуси заокруглень – за даними, наведеними в табл.11.

Величина зміщення поковок по поверхні рознімання штампа не повинна перевищувати значень допусків на розміри штампованих поковок, що вказані в ГОСТ 7505-89.

Значення допусків на неконцентричність отворів, що прошиваються в поковках, неточність плоских поверхонь і відхилення міжцентрових відстаней наведені в табл.12...14.

Зауважимо, що допуски на неплоскостність і непрямолінійність, а також на зігнутість і радіальне биття не включають у себе інших відхилень і є додатком до них.

При виборі кованої або штампованої заготовки рекомендується використовувати ГОСТ 7062-79, ГОСТ 7505-89, ГОСТ 7829-70, ГОСТ 8479-84, ГОСТ 18323-86, ГОСТ 3.1126-88. Більш детально про ковані та штамповані заготовки можна прочитати в [1, с.28-39; 2, т.1, с.134-168; 3, с.142-153; 5, т.3, с.8-37; 39, с.58-73; 40, с.79-81].

Таблиця 10

## Величина штампувальних уклонів (ГОСТ 7505-89)

Штампувальне обладнання	Штампувальні уклони	
	зовнішні	внутрішні
молоти	7	10
преси з виштовхувачами	5	7
горизонтально-кувальні машини	5	7

Примітка: 1. При виготовленні поковок з западинами або наскрізними отворами на горизонтально-кувальних машинах уклони на поверхнях западин або отворів не повинні перевищувати  $3^{\circ}$ . 2. При виготовленні поковок на пресах без виштовхувачів та для поковок висотою до 20 мм допускається застосовувати такі ж уклони, як при штампуванні на молотах.

Таблиця 11

## Найменші радіуси заокруглення R зовнішніх кутів поковок, мм

Маса поковок	Глибина порожнини рівчака штампа, мм			
	до 10	10...25	25...50	>50
до 1	1,0	1,5	2,0	3,0
>1...6	1,5	2,0	2,5	3,5
>6...16	2,0	2,5	3,0	4,0
>16...40	2,5	3,0	4,0	5,0
>40...100	3,0	4,0	5,0	7,0
>100	4,0	5,0	6,0	8,0

Примітка: внутрішні радіуси заокруглень  $r = 3R$ .

Таблиця 12

## Допуски на неконцентричність отворів, що прошиваються в поковках, відносно зовнішніх контурів поковок (ГОСТ 7505-89), мм

Найбільший розмір поковки					Допустиме найбільше відхилення від концентричності прошого отвору				
					T1	T2	T3	T4	T5
	до	100	вкл.		0,3	0,4	0,5	0,6	0,8
понад	100	>>	160	>>	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0
>>	160	>>	250	>>	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2
>>	250	>>	400	>>	0,6	0,8	1,0	1,2	1,6
>>	400	>>	630	>>	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0
>>	630	>>	1000	>>	1,0	1,2	1,6	2,0	2,5
>>	1000	>>	1600	>>	1,2	1,6	2,0	2,5	3,2
>>	1600	>>	2500	>>	1,6	2,0	2,5	3,2	4,0

Таблиця 13

Допустимі відхилення по зігнутості, від площинності та від прямолінійності для плоских поверхонь (ГОСТ 7505-89), мм

Найбільший розмір поковки					Допустимі відхилення по зігнутості для класів точності				
					T1	T2	T3	T4	T5
		до	100	вкл.	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8
понад	100	>>	160	>>	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0
>>	160	>>	250	>>	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2
>>	250	>>	400	>>	0,6	0,8	1,0	1,2	1,6
>>	400	>>	630	>>	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0
>>	630	>>	1000	>>	1,0	1,2	1,6	2,0	2,5
>>	1000	>>	1600	>>	1,2	1,6	2,0	2,5	3,2
>>	1600	>>	2500	>>	1,6	2,0	2,5	3,2	4,0

Таблиця 14

Допустимі відхилення міжосьової відстані між отворами, прошитими в поковках (ГОСТ 7505-89), мм

Міжосьова відстань					Допустиме відхилення міжосьової відстані для класів точності				
					T1	T2	T3	T4	T5
		до	60	вкл.	$\pm 0,10$	$\pm 0,15$	$\pm 0,20$	$\pm 0,25$	$\pm 0,30$
понад	60	>>	100	>>	$\pm 0,15$	$\pm 0,20$	$\pm 0,25$	$\pm 0,30$	$\pm 0,50$
>>	100	>>	160	>>	$\pm 0,20$	$\pm 0,25$	$\pm 0,30$	$\pm 0,50$	$\pm 0,80$
>>	160	>>	250	>>	$\pm 0,25$	$\pm 0,30$	$\pm 0,50$	$\pm 0,80$	$\pm 1,20$
>>	250	>>	400	>>	$\pm 0,30$	$\pm 0,50$	$\pm 0,80$	$\pm 1,20$	$\pm 1,60$
>>	400	>>	630	>>	$\pm 0,50$	$\pm 0,80$	$\pm 1,20$	$\pm 1,60$	$\pm 2,00$
>>	630	>>	1000	>>	$\pm 0,80$	$\pm 1,20$	$\pm 1,60$	$\pm 2,00$	$\pm 3,00$
>>	1000	>>	1600	>>	$\pm 1,20$	$\pm 1,60$	$\pm 2,00$	$\pm 3,00$	$\pm 4,50$
>>	1600	>>	2500	>>	$\pm 1,60$	$\pm 2,00$	$\pm 3,00$	$\pm 4,50$	$\pm 7,00$

### 6.3. Зварні заготовки

В умовах одиничного та малосерійного виробництва зварні конструкції корпусних деталей успішно конкурують з литими. При визначенні економічної доцільності застосування зварних заготовок необхідно враховувати [25], що маса зварних конструкцій в 2...3 рази менша від маси литих чавунних при однаковому призначенні, тому що



механічні властивості (особливо межа міцності при розтягуванні) листової сталі, яку застосовують у зварних конструкціях, приблизно в 2,5 рази вище, ніж у чавуну.

При зростанні серійності виробництва собівартість модельного комплекту знижується, але необхідність у зварних пристроях збільшується. Це негативно впливає на економічність зварних деталей при великій серійності виробництва.

Затрати на механічне оброблення для литих деталей завжди більші, ніж для зварних, тому що в першому випадку припуски значно більші.

Якість металу повинна забезпечувати можливість створення надійних зварних з'єднань, в яких механічні і фізико-механічні властивості однакові з властивостями основного металу або дуже близькі до них. Для зварних деталей у більшості випадків застосовують листову сталь Ст.3, а для деталей, що підлягають великим навантаженням, – сталь Ст.5. Найчастіше використовують листи товщиною від 10 до 15 мм і тільки для окремих потовщених деталей – до 25 мм. Інколи застосовуються двошарові сталі.

Недоліком зварних конструкцій є те, що в результаті зварювальних операцій виникають різні деформації, що не дозволяє вести складання за принципом взаємозамінності, знижує точність і підвищує вартість механічної обробки.

Якщо вузли конструкції складаються із однотипних деталей (обичайок, днищ, фланців, трубних решіток і перегородок, корпусів, тарілок, зміювиків тощо), то для зниження собівартості зварних конструкцій і підвищення їх якості доцільні наступні заходи:

- організація комплексно-механізованих потокових ліній для очищення, виправлення і різання листового металу з застосуванням камер струминного очищення, травлення і пасивування, листопрямильних машин, потужних гильотинних ножиць, газорізальних автоматів;

- організація комплексно-механізованих ліній для складання і зварювання апаратури в цілому і її елементів з пристроями для фотокопіювального різання за копірами і кресленнями, а також на спеціальних програмованих установках з ЧПК;

- впровадження плазмового різання кольорових сплавів і нержавіючих сталей;

- механізація процесів газового вирізування отворів під арматуру в корпусах обичайок та днищ;

- механізація полірування внутрішніх поверхонь апаратури з нержавіючих сталей та титанових сплавів;

- впровадження автоматичного і напівавтоматичного зварювання в середовищі вуглекислого газу;

- впровадження установок для електрошлакового зварювання корпусів, фланців, заготовок днищ та інших товстостінних деталей;

- впровадження автоматичного зварювання без розчищення кромки металу товщиною до 20 мм та однопрохідного зварювання металу товщиною до 12 мм.

При впровадженні потокових методів в одиничне і малосерійне виробництво необхідно керуватися наступними основними вимогами:

- приділяти особливу увагу технологічності конструкції, тому що задовільною можна вважати тільки таку конструкцію, яка, будучи ефективною та надійною в експлуатації, разом з тим найменш металоємна при виготовленні;

- максимально застосовувати в конструкції машин нормалізовані і уніфіковані деталі та складальні одиниці;

- розділяти машину на ряд закінчених незалежних складальних одиниць;

- при проектуванні ненормалізованих складальних одиниць максимально використовувати нормалізовані деталі.

#### 6.4. Заготовки з прокату

У машинобудуванні застосовують прокат різних форм та розмірів. Широко використовується прокат гарячекатаний звичайної точності, який має форму поперечного перерізу у вигляді круга, квадрата, шестигранника, штаби, кутнього, таврового та інших перерізів. Вітчизняна промисловість випускає круглий прокат діаметром від 5 до 250 мм, квадратного перерізу зі стороною квадрата від 8 до 250 мм, шестигранний прокат з розміром під ключ від 3 до 100 мм, товстостінні безшовні труби діаметром від 25 до 820 мм та інше. Основні види прокату, його характеристики і область застосування наведені в табл.15.

У машинобудуванні заготовки з прокату звичайно найбільше розповсюджені і дешеві. З прокату також відрізають заготовки для штампування.

Промисловість випускає і холодноотягнутий прокат круглого, квадратного, шестигранного та інших перерізів. Тому що холодноотягнутий метал значно тонший і якісніший від гарячекатаного, то заготовки з нього потребують меншої механічної обробки і є більш економічними в серійному і великосерійному виробництві. Холодноотягнутий прокат необхідно також застосовувати при затисканні в цанзі на токарних пруткових автоматах і токарно-револьверних верстатах.

Як заготовки широко використовуються безшовні товстостінні труби, тонколистова сталь і дріт.

Таблиця 15

Сортовий, спеціальний прокат та профілі постійного поперечного перерізу.  
Область застосування [2,8]

Вид прокату або профілю	Стандарт	Область застосування
<u>Сортовий сталевий</u> Круглий гарячекатаний Круглий калібрований Квадратний гарячекатаний Шестигранний гарячекатаний Штабовий гарячекатаний Квадратний калібрований Шестигранний калібрований	ГОСТ 2590-88 ГОСТ 7417-75 ГОСТ 2591-88 ГОСТ 2878-88 ГОСТ 8103-76 ГОСТ 8559-75 ГОСТ 8559-78	Гладкі та ступінчасті вали з невеликим перепадом діаметрів уступів, стакани діаметром 50 мм, втулки з зовнішнім діаметром до 25 мм, кріпильні деталі, невеликі деталі типу важелів, тяг, планок та клинів
<u>Листовий</u> Листовий гарячекатаний Листовий холодноотягнутий	ГОСТ19903-74 ГОСТ19904-74	Фланці, кільця, плоскі деталі різної форми, циліндричні порожнисті деталі типу втулок
<u>Труби сталеві</u> Безшовні гарячедеформовані Безшовні холоднодеформовані	ГОСТ8732-78 ГОСТ8734-75	Циліндри, втулки, гільзи, шпинделі, стакани, ролики, вали
<u>Профілевий сортовий сталевий</u> Швелери Кутники рівносторонні Кутники нерівносторонні Балки двотаврові	ГОСТ8509-86 ГОСТ8510-86 ГОСТ8239-72 ГОСТ8240-72	Балки, кронштейни, полиці, зварні конструкції (рами, плити, станини, корпуси)

Для отримання заготовок фасонних деталей доцільно застосовувати профільний прокат.

Найширше застосовують круглий прокат, з якого виготовляють гладкі і ступінчасті вали (якщо перепад діаметрів не перевищує 40...50 мм, у інших випадках застосовуються штаповані заготовки), осі, гвинти, шпильки тощо.

У масовому виробництві кріпильні деталі, пальці, штовхачі, ролики та інші аналогічні деталі рекомендується отримувати на пресах-автоматах для холодної висадки з каліброваного прута діаметром до 25 мм. При цьому точність розмірів відповідає 6...12 квалітетам, шорсткість Ra = 0,8...2,5 мкм

і економиться до 40% металу у порівнянні з виготовленням деталей зі зніманням стружки.

Якщо деталь виготовляється з прокату, вартість заготовки складає:

$$C_3 = G \cdot C_{\text{п}} + B \cdot T \cdot (1 + q/100) - (G - g) \cdot C_{\text{відх}}/1000, \text{ грн.}, \quad (6)$$

де  $G$  – маса заготовки, кг;

$C_{\text{п}}$  – ціна 1 кг прокату, грн.;

$B$  – погодинна зарплата робітника, що виконує чорнову обробку, грн.;

$T$  – калькуляційний час чорнової обробки заготовки, год.;

$q$  – накладні витрати механічного цеху, %;

$g$  – маса деталі, кг;

$C_{\text{відх}}$  – ціна 1 т відходів, грн.

При порівнянні вартості двох заготовок з прокату другу складову в (6) можна не враховувати.

Вартість деяких металів наведена в [1, с.32-33], а заготівельні ціни на стружку наведені в табл.5.

При проектуванні заготовок з прокату рекомендується використовувати стандарти, наведені в табл.15.

Більш детально про заготовки з прокату можна прочитати в [1, с.25-31; 2, т.1, с.168-173; 6, с.64-582; 8, с.39-48; 39, с.58-73; 40, с.75-79].

Відмітимо, що остаточне оформлення креслення будь-якої заготовки (проставляння розмірів) виконують тільки після визначення припусків на оброблення усіх поверхонь.

## 7. ПРОЕКТУВАННЯ МАРШРУТНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

### 7.1. Основні правила і послідовність проектування технологічного маршруту виготовлення деталі

При проектуванні технологічного процесу механічного оброблення перед технологом виникає завдання вибрати з декількох можливих варіантів обробки один, який забезпечує найбільш економічне рішення.

Намічаючи технологічний маршрут виготовлення деталі, необхідно дотримуватися наступних правил:

- з метою економії часу та праці, що витрачаються на технологічну підготовку виробництва, використовувати типові, перевірені на практиці, процеси виготовлення деталей і обробки їх основних поверхонь;

- без детального економічного обґрунтування не проектувати обробку на унікальних верстатах;

- використовувати по можливості тільки стандартний різальний і міряльний інструмент;
  - старатися застосовувати найбільш досконалі форми організації виробництва (безперервні та групові потокові лінії, групові технологічні процеси і групові налагодження окремих верстатів);
  - оброблювати найбільшу кількість поверхонь деталі за один установ;
  - по можливості в механічних цехах виконувати напівчистову та чистову обробку, а чорнову, яка дозволяє розкрити внутрішні дефекти заготовок (тріщини, раковини тощо), – в заготівельних;
  - у першу чергу обробити поверхні, які будуть базовими для наступних операцій;
  - наскільки точнішою повинна бути поверхня, настільки пізніше її необхідно оброблювати;
  - не рекомендується суміщення чорнової і чистої обробки немірним інструментом на одному і тому ж верстаті.
- З урахуванням указаних вимог може бути рекомендована наступна приблизна схема послідовності операцій процесу механічної обробки [30]:
- обробка поверхонь, які утворюють технологічні бази для усіх наступних операцій;
  - чорнова обробка основних поверхонь деталі (підрізування торців і центрування валів, обточування валів, свердління, зенкерування і розточування отворів, нарізування зубців і шліців, фрезерування, стругання і протягування поверхонь);
  - чистова обробка основних поверхонь деталі (при обробці на одному верстаті багатьох поверхонь можна суміщати чорнові і чистові операції);
  - чорнова і чистова обробка другорядних поверхонь (свердління малих отворів, знімання фасок, виправлення центрів, нарізування різьби, фрезерування і зенкерування невеликих площадок, заглибин, лисок тощо);
  - термічна обробка заготовки деталі, якщо вона передбачена кресленням;
  - виконання викінчуючих операцій над основними поверхнями (чорнове і чистове шліфування, тонке розточування, чистове розвертання, протягування, шевінгування);
  - виконання доводочних операцій над основними поверхнями (хонінгування, притирка, суперфініш, доводка);
  - остаточний контроль.

## 7.2. Вибір типового технологічного процесу і типових схем оброблення поверхонь

Згідно з класифікацією деталей, яка оснований на ідентичності процесів обробки і форми деталей, всю багатообразність наявних деталей можна звести до основних класів. Для цих класів покажемо типові схеми обробки, які можуть бути базисом при розробці технологічних процесів конкретних деталей.

### 7.2.1. Корпусні деталі

Характерні представники даного класу деталей – блоки циліндрів, корпуси насосів, редукторів, компресорів, приладів, станини, кришки баків, підшипників, коробок тощо.

Базування. Найбільш надійними базами є одна з площин найбільшої протяжності і два точні отвори на ній. На указаних базах слід виконувати чорнову і чистову обробку усіх поверхонь, включаючи точні, які взаємозв'язані розмірами з допусками до 0,03 мм. Необхідно використовувати максимально віддалені між собою отвори.

Якщо отвори відсутні, їх необхідно створити, щоб забезпечити раціональне базування.

Першими двома операціями механічної обробки повинні бути (по можливості): обробка базової площини; свердління і розвертання двох отворів на базовій площині.

Подальша обробка виконується в такій послідовності:

- чорнова і чистова обробка інших значних площин фрезеруванням або протягуванням;
- чорнове і чистове розточування основних отворів корпусної деталі;
- фрезерування невеликих другорядних площин в основному за один перехід;
- свердління, зенкерування і нарізування різьби, розвертання малих отворів з різних боків деталі;
- доведення до остаточних розмірів основних точних отворів тонким розточуванням або хонінгуванням;
- при вимозі точної перпендикулярності торців або осі точних основних отворів їх доводку виконують фрезеруванням, шліфуванням або проточуванням; при цьому базою служить точний отвір.

Більш детальні відомості про типові процеси обробки корпусних деталей викладені в [22, с.404-446, 495-496; 29, с.69-96; 30, 39, с.347-355; 42, с.154-201, 208-229; 43, с.176-184].

### 7.2.2. Деталі класу “круглі стержні”

Характерні представники цього класу деталей – гладкі і ступінчасті вали, колінчасті вали, кулачкові вали, штоки, штовхачі, вали-шестерні, тяги, поворотні кулаки автомобілів тощо.

Базування. Основними базовими поверхнями є центрові конічні отвори, при базуванні на яких виконується чорнова і чистова обробка усіх поверхонь обертання, а також доводка точних поверхонь. Крім центрових отворів в якості баз використовуються оброблені циліндричні поверхні, які прилягають до центрових отворів, що має місце при обробці з великими зусиллями різання (фрезерування, свердління, протягування тощо). При обробці довгих деталей ( $l \geq 10d$ ) застосовують додаткові поверхні (оброблені шийки або виточки), які установлюються в люнетах. Крутячий момент деталі, оброблюваної в центрах, передається повідковими патронами.

Перші операції, що визначають постійні бази при обробці, – підрізування торців, обробка центрових отворів.

Подальша обробка може виконуватись в такій послідовності:

- чорнова токарна обробка однієї, а після – іншої половини деталі;
- чистова токарна послідовна обробка двох половин деталі; на багатопозиційних токарних напівавтоматах чорнова і чистова обробка можуть бути суміщені; при обробці порожнистих валів перед чистовою обробкою виконується свердління і чорнове розточування отворів;
- при необхідності фрезерування, протягування фасонних поверхонь, токарної обробки ексцентрично розміщених шийок, розточування отворів на одному з кінців деталі виконується шліфування кінцевих шийок деталі;
- виправлення стержня при обробці деталей довжиною  $l \geq 10d$  при  $d < 100$  мм;
- чорнова і чистова обробка фасонних поверхонь (нарізування зубців і шліців, фрезерування кулачків, розточування наскрізних і кінцевих отворів, токарна обробка ексцентричних шийок);
- свердління, розвертання і нарізування різьби в малих отворах, нарізування різьби на шийках вала, фрезерування шпонкових канавок та лисок;
- термічна обробка усієї деталі або окремих її ділянок;
- виправлення деталей довжиною  $l \geq 6d$  при  $d < 100$  мм;
- чорнове і чистове шліфування внутрішніх і зовнішніх поверхонь;
- чистове шліфування фасонних зовнішніх поверхонь;
- виправлення видовжених деталей;
- доводка особливо точних поверхонь.

Більш детально про процеси обробки деталей класу “круглі стержні” можна прочитати в [22, с.404-446, 516-517, 523-524; 29, с.96-123; 30, 39, с.355-360; 42, с.254-324; 43, с.169-176].

### 7.2.3. Деталі класу “порожністі циліндри”

Характерні представники деталей даного класу – барабани, втулки, гільзи, стакани, циліндри тощо.

Базування. Чорновими базами завжди є один торець і зовнішня або внутрішня циліндрична поверхня деталі.

В якості чистових баз приймають оброблену циліндричну поверхню (внутрішню або зовнішню) і оброблений торець, що прилягає до неї.

Послідовність обробки деталей цього класу наступна:

- чорнова токарна обробка усіх поверхонь деталі з одного її боку при установці на одну з циліндричних поверхонь і торець;

- чорнова токарна обробка усіх поверхонь з другого боку деталі при її установці на оброблені циліндричну поверхню і торець;

- напівчистова і чистова токарна обробка усіх поверхонь деталі з усіх боків;

- фрезкування площин при установці на оброблені циліндричну поверхню і торець;

- фрезкування невеликих поверхонь на виступах, свердління, зенкерування, розвертання, нарізування різьби в малих отворах фланців, зовнішніх виступів;

- викінчуюча обробка точних циліндричних, конічних, фасонних внутрішніх та зовнішніх поверхонь при установці на циліндричну поверхню і торець.

Детальніше про обробку деталей класу “порожністі циліндри” можна прочитати в [22, с.404-446, 505; 29, с.123-136; 30; 43, с.184-185].

### 7.2.4. Деталі класу “диски”

До цього класу відносяться деталі, що мають форму тіл обертання з відношенням висоти і найбільшого діаметра  $h \leq 0,5D$ , а також шестерні типу дисків. Характерні представники деталей даного класу – шківни, маховики, колеса, катки вагонів, гальмівні барабани, диски зчеплення, фланці, корпуси муфт, днища, плоскі шестерні, зірочки, кільця підшипників тощо.

Базування. Чорновими базами є зовнішній діаметр деталі і один торець. Для усієї наступної обробки базами є оброблені на першій операції торець і циліндрична зовнішня або внутрішня поверхня.



При обробці деталей даного класу необхідно додержуватися такої послідовності:

- чорнова і чистова обробка торця і отвору, а також чорнова обробка вільної зовнішньої поверхні;

- чорнова і чистова токарна обробка другого торця, а також чорнова і чистова обробка зовнішньої поверхні при базуванні деталі на чисто оброблені внутрішню поверхню і торець (кріплення деталі кулачками, що розтискаються, або на розтискній оправці);

- свердління і розвертання малих отворів і нарізування в них різьби, фрезерування малих поверхонь, протягування шпонкових канавок;

- чорнове і чистове нарізування зубців шестерень при базуванні на отвір і торець;

- дрібні операції – закруглення зубців, свердління змащувальних отворів через западину зуба, притуплення гострих кромок;

- термічна обробка (при необхідності);

- викінчуюча обробка точних поверхонь шліфуванням і шевінгуванням – шліфування отворів і торців при базуванні по зовнішній циліндричній поверхні або по бокових поверхнях зубців.

Детальніші відомості про обробку деталей класу “диски” викладені в [22, с.404-446; 29, с.136-160; 30; 42, с.324-331].

#### 7.2.5. Деталі класу “некруглі стержні”

Характерні представники деталей даного класу – важелі, шатуни, коромисла, планки, бруски, клини, вилки перемикання коробок швидкостей, тяги тощо. Заготовки – поковки, виливки, прокат різних перерізів. Оброблюються в основному отвори і їх торці.

Базування. Чорновими базами майже завжди є торці основних отворів і зовнішні контури їх бобишок. Чистові бази – оброблені основні отвори і їх торці.

При обробці рекомендується притримуватись такої послідовності:

- чорнова обробка торців і основних отворів, розміщених головним чином на кінцях стержня;

- чистова обробка торців і основних отворів (часто суміщають з чорною обробкою);

- чорнова і чистова обробка решти отворів;

- другорядні операції;

- доводка точних отворів і їх торців.

Детальніше з маршрутами обробки деталей класу “некруглі стержні” можна ознайомитись в [22, с.404-446; 29, с.160-169; 30; 42, с.417-472].

### 7.2.6. Типові схеми оброблення поверхонь

Поряд з описаними раніше типовими технологічними процесами при розробці технологічного маршруту необхідно керуватися даними по економічній точності обробки на металорізальних верстатах і можливостями отримання заданої якості поверхонь (зокрема, точності та шорсткості) при використанні окремих способів обробки (табл.16...20).

Застосування рекомендацій, наведених в табл. 16...20, дозволяє отримати необхідний розмір і точність обробленої поверхні.

Проте при розробці технологічних процесів необхідно враховувати, що похибки відхилення форми і, особливо, взаємного розміщення оброблених поверхонь в основному визначаються точністю обладнання і пристроїв (табл. 26...29).

Детальніше питання точності обробки викладені в [2, т.1, с. 6-89; 3, с. 16-33; 39, с.13-37; 40, с. 23-45; 43, с. 55-79; 44, с.106-126].

### 7.3. Вибір технологічних баз і обґрунтування прийнятої схеми базування

Якість виготовлення деталей в значній мірі залежить від правильного вибору технологічних баз, тому що неправильний вибір викривляє положення заготовки відносно інструмента, приводить до похибок обробленої поверхні, викликає нерівномірність припусків на обробку і може бути причиною браку.

При виборі технологічних баз необхідно керуватися наступними рекомендаціями [8; 24; 26; 27]:

- за чорнові технологічні бази необхідно приймати поверхні достатніх розмірів, що забезпечують велику точність і надійність базування і закріплення заготовки в пристрої; ці поверхні повинні бути досить точними, не мати ливарних додатків, ливників, слідів від облою та інших дефектів;

- чорнові бази необхідно розглядати тільки як вихідні для отримання чистових технологічних баз; повторне базування на чорнові бази, як правило, не допускається;

- якщо заготовка оброблюється не повністю, то в якості чорнових баз необхідно призначати необроблювані поверхні, щоб не отримати різностінності деталі;

- якщо заготовка оброблюється повністю з усіх боків, то в якості чорнових технологічних баз необхідно приймати поверхні з мінімальним припуском, щоб після обробки не залишилось “чорноти”;

- необхідно притримуватися найважливішого принципу “єдності баз” на різних операціях (за винятком перших, на яких підготовлюються чистові бази); усяка зміна баз вносить похибки обробки;

- при чистовій обробці рекомендується додержуватися принципу “суміщення баз”, за яким в якості технологічних базових поверхонь застосовують конструкторські і вимірювальні бази; при суміщенні технологічних і вимірювальних баз похибка базування дорівнює нулеві;

- бази для остаточної обробки повинні мати найвищу точність і найменшу шорсткість поверхонь; вони не повинні деформуватися під дією сил різання, затискання і власної маси заготовки;

- вибрані технологічні бази повинні разом з затискними пристроями забезпечувати надійне і міцне закріплення заготовки та незмінність її положення в процесі обробки;

- прийняті бази повинні забезпечувати найбільш просту і надійну конструкцію пристрою, зручність при установці і зніманні заготовки.

Таблиця 16

Середня точність і шорсткість обробки зовнішніх поверхонь тіл обертання

Спосіб обробки	Квалітет точності	Шорсткість Ra, мкм
Обточування однократне	12	10...5
Обточування попереднє Обточування чистове	11...10	5...2,5
Обточування однократне Шліфування однократне	10...8	2,5...0,63
Обточування попереднє Обточування чистове Обточування тонке	8...6	1,25...0,63
Обточування однократне Шліфування попереднє Шліфування чистове	7...6	0,63...0,32
Обточування попереднє Обточування чистове Шліфування попереднє Шліфування чистове	6	0,63...0,32
Обточування попереднє Обточування чистове Шліфування попереднє Шліфування чистове Шліфування тонке	6...4	0,32...0,16

Таблиця 17

Середня точність і шорсткість обробки циліндричних отворів

Спосіб обробки	Квалітет точності	Шорсткість Ra, мкм
У суцільному металі		
Свердління	12	40...5
Свердління і зенкерування	10	10...2,5
Свердління і розвертання	9	5...1,25
Свердління і протягування		5...0,32
Свердління, зенкерування і розвертання		2,5...0,32
Свердління і двократне розвертання	8...7	2,5...0,32
Свердління, зенкерування і двократне розвертання	8...7	1,25...0,32
Свердління, зенкерування і шліфування		
Свердління, протягування і калібрування		
У заготовках з отворами		
Зенкерування або розточування	12	10...2,5
Розсвердлювання		40...5
Двократне зенкерування або двократне розточування	10	20...5
Зенкерування і розточування	9	5...1,25
Двократне зенкерування і розвертання або двократне розточування і розвертання		2,5...0,63
Зенкерування або розточування і двократне розвертання	8...7	1,25...0,32
Зенкерування або двократне розточування і двократне розвертання або тонке розточування	8...7	1,25...0,16
Зенкерування, двократне розточування і хонінгування	6...5	0,32...0,04
Зенкерування, розточування, тонке розточування і хонінгування	6...5	0,16...0,02
Прогресивне протягування і шліфування	7...6	1,25...0,16

Таблиця 18

## Середня точність і шорсткість обробки плоских поверхонь

Спосіб обробки	Квалітет точності	Шорсткість Ra, мкм
Стругання і фрезерування циліндричними (торцевими) фрезами:		
- чорнове	14...11	20...1,25
- напівчистове	12...11	5...1,25
- чистове	10	2,5...0,63
- тонке	8...6	2,5...0,16
Протягування:		
- чорнове литих і штампованих поверхонь	11...10	5...0,63
- чистове	8...6	2,5...0,32
Шліфування:		
- однократне	8...7	2,5...0,16
- попереднє	8	2,5...0,32
- чистове	7	0,63...0,08
- тонке	6	0,32...0,04

Примітка: 1. Дані відносяться до обробки жорстких деталей з габаритними розмірами до 1 м при базуванні на чисто оброблені поверхні.

2. Точність обробки торцевими фрезами при рівних умовах вища, ніж циліндричними, приблизно на один квалітет.

3. Тонке фрезерування виконують тільки торцевими фрезами.

Таблиця 19

## Середня точність і шорсткість обробки зубців зубчастих коліс

Способи обробки	Ступінь точності за ГОСТ 1643-81	Шорсткість Ra, мкм
Фрезерування:		
- попереднє	9...10	20...2,5
- чистове дисковою фрезною	8...9	10...1,25
- чистове черв'ячною фрезною	7...8	10...1,25
Довбання чистове	6...8	5...0,63
Протягування	6...7	5...0,63
Стругання чистове	5...7	5...0,63
Шевінгування	6...7	2,5...0,32
Шліфування	4...5	1,25...0,16

## Середня точність і шорсткість поверхонь різьб

Спосіб обробки	Ступінь точності за ГОСТ 16093-81	Шорсткість Ra, мкм
Круглими плашками	8	40..5
Мітчиками	7	10...2,5
Фрезерування: - дисковими фрезами - гребінчастими фрезами	6	10...2,5
Точіння: - різцями - гребінками - різцями, що обертаються (вихровий метод) - різьбонарізними головками, що самі розкриваються	4 8 6 4...6	5...0,63 10...2,5 5...1,25 10...1,25
Накатування: - плоскими плашками - різьбонакатними головками - різьбонакатними роликами Нарізування з обкатуванням	6...8 6 4...6 4...6	1,25...0,16

У технологічних документах, зокрема при оформленні операційних ескізів, застосовують умовне зображення баз з указуванням розміщення і кількості опорних точок у відповідності до ГОСТ 3.1107-81 та ГОСТ 21495-76. Умовні позначення баз та опорних точок наведені в табл.21. З прикладами позначення баз можна ознайомитись в [2, т.1, с.49-51; 22, с.8-10]. Детальніше основи базування викладені в [1, с.40-49; 2, т.1, с.45-51; 8, с.56; 14, с.4-11; 22, с.7-20, 446-455; 24, с.128-150; 26, с.36-46; 27, с.38-55; 29, с.56-62; 39, с.45-58; 40, с.45-57; 43, с.42-54; 44, с.143-193].

#### 7.4. Вибір обладнання, верстатних пристроїв, різальних і вимірювальних інструментів

Питання вибору груп, типів і моделей верстатів розглядається на різних стадіях розробки технологічного процесу виготовлення деталі. Попередній вибір груп обладнання виконується при призначенні методу обробки поверхні, що забезпечує досягнення технічних вимог до оброблених поверхонь (див. підр.7.2.).

Таблиця 21

Опори, затискачі і установочні пристрої. Графічні зображення  
(ГОСТ 3.1107 - 81)

Найменування	Позначення на видах			Форма робочих поверхонь	Позначення
	спереду, ззаду	зверху	знизу		
Опора нерухома				Плоска	
Опора рухома					
Опора плаваюча				Рифлена, різьбова, шліцьова	
Опора, що регулюється				Сферична	
Затискач одиничний				Циліндрична, куляста	
Затискач подвійний					
Нерухомий центр		—	—	Призматична	
Центр, що обертається		—	—		
Плаваючий центр		—	—	Ромбічна	
Циліндрична оправка					
Кулькова (роликова) оправка				Тригранна	
Повідковий патрон					

Примітка: 1. Допускаються відхилення від указаних розмірів зображення.  
2. Позначення форми робочих поверхонь наносять зліва від позначення пристрою.  
3. Кількість точок прикладання затискної сили записують арабською цифрою справа від зображення затискача. 4. Вид пристрою затискача позначають прописною літерою зліва від його позначання (пневматичний – Р, гідравлічний – Н, гідропластовий – Г, електричний – Е, електромагнітний – ЕМ).

Після вибору типового технологічного процесу і попереднього вибору обладнання необхідно у відповідності з табл.26...29 перевірити, чи забезпечується цим обладнанням необхідна точність форми і взаємного розміщення поверхонь, тобто вибір моделі верстата в першу чергу визначається його можливістю забезпечити точність розмірів і форми, а також якість поверхні виготовлюваної деталі.

Остаточний вибір моделі верстата для проєктованого технологічного процесу виконується (для цього можна скористатися табл.22...25) після попередньої розробки кожної операції. Це означає, що визначені метод обробки поверхні або сукупності поверхонь (точіння, свердління, фрезерування тощо); точність і шорсткість поверхні на кожній операції і переході; припуски на обробку; застосовуваний різальний інструмент; такт випуску і тип виробництва.

Якщо ці вимоги можна забезпечити на різних верстатах, то конкретну модель вибирають, виходячи з наступних міркувань:

- відповідність основних розмірів верстата габаритам оброблюваної заготовки;
- відповідність верстата по продуктивності заданому масштабові виробництва;
- можливість роботи на оптимальних режимах різання;
- відповідність верстата за потужністю;
- можливість механізації і автоматизації виконуваної обробки;
- найменша собівартість обробки;
- реальна можливість придбання верстата або необхідність використання наявних верстатів.

Особливо перспективним для виготовлення складних корпусних деталей та деталей з фасонними поверхнями в малосерійному і серійному виробництві є застосування верстатів з числовим програмованим керуванням (ЧПК) та багатоопераційних (багатоцільових) верстатів і обробляючих центрів.

Детальніше з моделями металорізальних верстатів можна ознайомитися в [1, с.51-61; 2, т.2, с.5-66; 8, с.170-204; 22, с.20-110; 31; 33; 36; 43, с.203-209].

При обробці деталей класу “некруглі стержні” в одиничному і малосерійному виробництві застосовують фрезерні, розточувальні, свердлильні верстати універсального типу, а також верстати з ЧПК. У великосерійному і масовому виробництві використовують багатопозиційні свердлильні і фрезерні агрегатні верстати і автоматичні лінії, багатошпиндельні розточувальні і алмазно-розточувальні верстати (моделі верстатів вибрати з табл.22...25).



Таблиця 22

Основні види обладнання, що використовується при обробці корпусних деталей

Група операцій	Обладнання універсального типу для одиничного і малосерійного виробництва	Обладнання для великосерійного та масового виробництва
Обробка базових площин та двох отворів	Фрезерні, плоскошліфувальні (ЗБ722, ЗБ732, ЗБ724) для точних площин, стругальні. Радіально-свердлильні, одношпindelьні свердлильні	Багатофрезерні барабанного та карусельного типів (621М, 623М), протяжні, карусельні плоскошліфувальні (ЗБ750, ЗБ756, ЗБ772Б). Свердлильні агрегатні верстати карусельного і барабанного типів
Чорнова і чистова обробка основних площин	Обробляючі центри, верстати з ЧПК	
Чорнова і чистова обробка великих отворів	Вертикально- і горизонтально-розточувальні верстати (2615, 2620В, 2636). Багатоцільові верстати з ЧПК, обробляючі центри	Багатошпindelьні вертикально- і горизонтально-розточувальні (2705В, 2706В, 2712В). Напівавтомати карусельного і барабанного типів
Обробка другорядних невеликих площин	Вертикально- і горизонтально-фрезерні (6Н10, 6Н11, 6М12П, 6М13П, 6Н80Г, 6М82Г). Верстати з ЧПК, обробляючі центри	Агрегатні верстати та автоматичні лінії. Багатопозиційні агрегатні напівавтомати і автомати
Свердління, цекування, зенкерування, нарізування різьби, розвертання отворів	Радіально- (2М53, 2Н55) і вертикально-свердлильні (2Н118, 2Н125, 2Н135), свердлильні верстати з ЧПК (2Н55Ф2, 2М57Ф2), обробляючі центри	Агрегатні верстати та автоматичні лінії. Багатопозиційні агрегатні напівавтомати і автомати
Доводка розмірів основних точних отворів	Одношпindelьні горизонтально- (2615, 2620В, 2636) і вертикально-розточувальні, хонінгувальні (3М82, 3М83, 3Г833, 3Н84), обробляючі центри	Багатошпindelьні розточувальні (2705В, 2706В, 2712В), алмазно-розточувальні і хонінгувальні верстати (3М82, 3М83, 3Н84), а також верстати-напівавтомати
Остаточна обробка торців	Токарно-карусельні, фрезерні, плоскошліфувальні, обробляючі центри	Плоскошліфувальні (ЗБ722, ЗБ732, ЗБ724, ЗБ740, ЗБ756) або карусельно-фрезерні (621М, 623М, 6М23В)

Таблиця 23

Основні види обладнання, що використовується при обробці деталей класу  
”круглі стержні”

Група операцій	Обладнання універсального типу для одиничного і малосерійного виробництва	Обладнання для великосерійного та масового виробництва
Підрізання торців, обробка центрових отворів	Токарні (1А616, 16К20, 1К625, 1А64), токарно-револьверні верстати (1Н318, 1Н325, 1Г325, 1К341). За дві операції: фрезерні (підрізання торців), свердлильні (2Н125, 2Н135) або центрувальні верстати	Двопозиційні або барабанні фрезерно-центрувальні (ФЦ-1, МР-71М, МР-73М, МР-76М)
Чорнова і чистова токарна обробка послідовно двох кінців деталі	Токарні, токарно-револьверні, в тому числі з ЧПК (1723Ф3, 1734Ф3, 1751Ф3, 16В16Ф3, 16К20Ф3)	Одношпиндельні багаторізцеві токарні напівавтомати (1712, 1А720, 1722, 1А730, 1708, 1713, 1732); багатошпиндельні вертикальні токарні напівавтомати (1283, 1284, 1К282)
Свердління і розточування отворів (для порожнистих валів)	Свердлильні, розточувальні верстати для глибоких отворів, токарні верстати з ЧПК	Багатошпиндельні розточувальні верстати (2712В, 2706В)
Чорнова обробка фасонних поверхонь зубців	Зубофрезерні (5К310, 5А312, 5К324А, 5К32)	Двох- та восьмишпиндельні зубофрезерні, зубопротяжні напівавтомати (5245)
Чистова і викінчуюча обробка фасонних поверхонь зубців	Зубофрезерні	Шевінгувальні (5712, 5702, 5А703)
Свердління і розвертання отворів на шийках деталі	Свердлильні (2А125, 2А135)	Свердлильні з багатошпиндельними головками (2С135, 1С150, 2150М, 2170М), агрегатні
Шліфування зовнішніх і внутрішніх поверхонь деталей	Круглошліфувальні (3А110, 3Б12, 3А151, 3Б151, 3225, 3А227, 3А228Б), внутрішньо-шліфувальні	Круглошліфувальні, багатокаменеві напівавтомати, безцентрово-шліфувальні, внутрішньо-шліфувальні (3М182, 3А184, 3185)

Таблиця 24

Основні види обладнання, що використовується при обробці деталей класу  
“порожності циліндри”

Група операцій	Обладнання універсального типу для одиничного і малосерійного виробництва	Обладнання для великосерійного та масового виробництва
Чорнова, напівчистова, чистова токарна обробка поверхонь	Для обробки великих деталей – токарно-карусельні (1508, 1531М, 1541, 1525). Для середніх і малих деталей – токарні універсальні і токарно-револьверні, токарні з ЧПК	Багатошпindelьні токарні автомати (1А225-6, 1А240-6, 1А240-8, 1265М-6) та напівавтомати (1А720, 1А730, 1А721, 1А712, 1А722)
Свердлильні операції	Для обробки великих та середніх деталей – радіально-свердлильні. Для малих деталей – вертикально-свердлильні, свердлильні з ЧПК	Багатопозиційні агрегатно-свердлильні напівавтомати карусельного та барабанного типів; свердлильні верстати, що оснащені багатошпindelьними головками
Шліфування зовнішніх і внутрішніх поверхонь	Круглошліфувальні, внутрішньо-шліфувальні, хонінгувальні	Круглошліфувальні, безцентрово-шліфувальні, внутрішньо-шліфувальні, хонінгувальні

Таблиця 25

Основні види обладнання, що використовується при обробці деталей класу  
“диски”

Група операцій	Обладнання універсального типу для одиничного і малосерійного виробництва	Обладнання для великосерійного та масового виробництва
Чорнова і чистова токарна обробка поверхонь	Токарно-карусельні (1508, 1531М, 1541, 1525). Токарно-револьверні (1Г325, 1341, 1316), токарні з ЧПК	Багатошпindelьні вертикальні токарні напівавтомати з багатошпindelьними свердлильними головками
Свердління і розвертання малих отворів	Радіально-свердлильні (2М53, 2Н55, 2Н57), свердлильні з ЧПК	Агрегатні свердлильні, багатошпindelьні, багатопозиційні
Свердління отворів, зенкерування фасок, нарізування різьби		
Шліфування торців	Плоскошліфувальні (3ГН, 3Б722, 3Б732)	Карусельні плоскошліфувальні (3Б740, 3Б756, 3772Б)
Шліфування отворів	Внутрішньо-шліфувальні (3225, 3227)	Внутрішньо-шліфувальні (3225, 3А227, 3А228Б, 3А229Б)

Примітка: моделі верстатів, що не указані, необхідно приймати за табл. 22 і 23.

Таблиця 26

Точність форми та взаємного розміщення оброблювальних площин  
(на довжині 300 мм) в залежності від типу обладнання [2]

Метод обробки	Верстати	Характер обробки	Величина відхилень, мкм				
			Неплоскість, непрямолінійність	Непаралельність по відношенню до		Неперпендикулярність по відношенню до	
				установочної поверхні	іншої поверхні, що оброблюється при тому ж установі	установочної поверхні	іншої поверхні, що оброблюється при тому ж установі
Стругання	Поперечно-стругальні	Чорнова	60...160	100...200	100...250	100...200	100...250
		Чистова	10...40	16...40	16...60	25...60	25...60
Фрезерування	Поздовжньо-фрезерні	Чорнова	40...100	60...160	60...100	60...100	60...100
		Чистова	16...40	10...40	10...25	10...25	10...25
		Тонка	10...25	6...16	6...16	2,5...6	2,5...6
	Барабанно-фрезерні	Чорнова	60...160	60...160	60...100	60...100	60...100
		Чистова	25...60	10...40	10...25	10...40	10...40
	Карусельно-фрезерні	Чорнова	60...160	60...160	60...100	60...100	60...100
		Чистова	25...60	16...60	16...40	16...60	16...40
		Тонка	16...40	10...25	10...25	10...25	10...25
	Вертикально-фрезерні звичайної точності	Чорнова	60...160	60...200	100...250	100...200	100...250
		Чистова	25...60	25...60	25...60	25...60	25...60
		Тонка	16...40	16...25	16...25	16...25	16...25
	Фрезерні горизонтальні і універсальні звичайної точності	Чорнова	60...160	60...160	60...100	60...160	60...100
		Чистова	25...60	16...60	16...40	16...60	16...40
		Тонка	16...40	10...25	10...25	10...25	10...25
	Горизонтально-розточувальні	Чорнова	60...100	100...160	100...160	100...160	100...160
		Чистова	25...60	25...60	25...60	25...60	25...60
		Тонка	16...25	16...25	16...25	16...25	16...25
	Агрегатно-фрезерні	Чорнова	40...160	60...200	60...200	60...200	60...200
		Чистова	16...40	10...40	10...40	10...40	10...40
		Тонка	10...25	6...16	6...16	6...16	6...16
	Шліфування	Плоскошліфувальні звичайної точності	Чорнова	16...40	25...100	25...100	60...160
Чистова			6...16	6...25	6...25	16...40	16...40
Тонка			4...6	4...10	4...10	10...25	10...25

Таблиця 27

Точність розміщення отворів, що оброблюються на агрегатних верстатах і автоматичних лініях [2]

Перехід	Діаметр оброблюваного отвору, мм	Зміщення осі отвору від нормального положення при зазорах між кондукторною втулкою і інструментом,		
		30	100	150
Свердління	10...18	120	180	240
	18...30	140	210	270
Зенкерування	10...18	80	160	210
	18...30	60	130	180
Розвертання	10...18	60	130	180
	18...30	40	110	150

Примітка: 1. Дані таблиці відносяться до деталей із сірого чавуну. При обробці алюмінієвих сплавів відхилення помножити на 0,7.

2. Інструмент жорстко закріплений у шпинделі, заготовка базується на два отвори і перпендикулярну до них площину.

Таблиця 28

Точність взаємного розміщення отворів з перпендикулярними осями [2]

Верстати	Метод координації інструмента	Неперпендикулярність на довжині 100 мм, мкм
<b>Свердління отворів</b>		
Вертикально-свердлильні	За розміткою	5000...1000
	За кондуктуром	100
<b>Розточування отворів</b>		
Фрезерні	Поворотом ділильної головки	50...100
	Поворотом стола	20...50
Горизонтально-розточувальні	За розміткою	500...1000
	Поворотом заготовки на столі з вивірянням індикатором	50...150
	Поворотом стола	60...300
Агрегатні	За кондуктором	40...200
		50...100

Примітка: при розточуванні отворів, що перпендикулярні в просторі, похибку міжосьової відстані приймають з урахуванням координації інструмента за табл.29.

Таблиця 29

Точність взаємного розміщення отворів з паралельними осями [3]

Верстати	Метод координації інструмента	Відхилення міжосьової відстані, мкм
Свердління отворів		
Вертикально- і радіально-свердлильні	За розміткою	500...1000
	За кондуктором	100...200
Розточування отворів		
Вертикально- і радіально-свердлильні	За кондуктором	50...100
	За розміткою	1000...2000
Токарні	На косинці з полозками	100...300
	За розміткою	400...600
Горизонтально-розточувальні	За шкалою з ноніусом	200...400
	За штихмасом та щупом	50...250
	За координатним шаблоном	80...200
	За кінцевими мірами	50...100
	За кондуктором, індикаторним упором, на верстатах з програмованим керуванням	40...80
	Агрегатні багатопшпindelні	За кондуктором
Алмазно-розточувальні	-	10...50
Координатно-розточувальні	За оптичними приладами	4...20

Примітка: для свердлильних, горизонтально-розточувальних і агрегатних верстатів наведені для розточування відхилення відносяться також до обробки розвертанням.

При проектуванні операційного технологічного процесу і заповнюванні операційних карт необхідно проставляти числові значення обертів шпindelів, подач тощо. Проте в [11, с.179-239; 2, т.2, с.5-66; 11; 12; 31 та інше] наведені тільки максимальні і мінімальні значення чисел

обертів  $n$  або подач  $S$ . Проміжні значення, знаючи з довідкової літератури число ступенів швидкостей або подач, необхідно розраховувати за наступною методикою.

Відомо, що ряди чисел частот обертання шпинделів верстатів або подач столів (супортів, пінолей) утворюють геометричну прогресію з одним з трьох постійних знаменників:  $\varphi_1 = 1,26$ ;  $\varphi_2 = 1,41$ ;  $\varphi_3 = 1,58$ .

З визначення геометричної прогресії виходить:

$$n_{\max} = n_{\min} \cdot \varphi^{m-1}; \quad (7)$$

$$S_{\max} = S_{\min} \cdot \varphi^{n-1}, \quad (8)$$

де  $m(n)$  – загальне число ступенів частот обертання шпинделя верстата (подач стола);

$\varphi$  - знаменник прогресії.

Знаючи з довідкової літератури  $n_{\max}$ ,  $n_{\min}$  та  $m$ , визначають

$$\varphi^{m-1} = n_{\max} / n_{\min} \quad (9)$$

і за табл.30 приймають найближче значення з трьох: 1,26; 1,41; 1,58.

Після цього визначають значення:  $n_1 = n_{\min}$ ;  $n_2 = n_{\min} \cdot \varphi = n_1 \cdot \varphi$ ;  $n_3 = n_{\min} \cdot \varphi^2 = n_2 \cdot \varphi$ ; ... ;  $n_m = n_{\min} \cdot \varphi^{m-1} = n_{m-1} \cdot \varphi$ .

Таблиця 30

Значення знаменників геометричних прогресій  $\varphi$ , піднесених до степеня

$\varphi^1$	$\varphi^2$	$\varphi^3$	$\varphi^4$	$\varphi^5$	$\varphi^6$	$\varphi^7$	$\varphi^8$	$\varphi^9$
1,26	1,58	2,00	2,50	3,16	4,00	5,04	6,32	8,00
1,41	2,00	2,82	4,00	5,64	8,00	11,28	16,00	22,56
1,58	2,50	4,00	6,32	10,08	16,00	25,28	40,00	64,00
$\varphi^{10}$	$\varphi^{11}$	$\varphi^{12}$	$\varphi^{13}$	$\varphi^{14}$	$\varphi^{15}$	$\varphi^{16}$	$\varphi^{17}$	$\varphi^{18}$
10,08	12,64	16,00	20,16	25,28	32,00	40,00	50,65	64,00
32,00	45,12	64	-	-	-	-	-	-

Розраховані значення  $n$  і  $S$  округлюють, вони з достатньою точністю будуть відповідати фактичним.

До технологічної оснастки відносяться пристрої, інструменти і засоби контролю. По можливості слід застосовувати стандартизовану і нормалізовану оснастку, характеристики якої наведені в стандартах, каталогах та довідковій літературі. Стандартизована інструментальна оснастка наведена в [ 2, т.2, с.111-261; 4; 5, т.3; 22, с.239-312, 315-363, 378-

404, 455-492; 33; 34], з конструкцією універсальних і спеціалізованих пристроїв можна ознайомитись в [ 2, т.2, с.66-111; 7; 22, с.182-238; 32-34; 39, с.121-124, 157-161; 40, с.114-176, 41; 43, с.81; 45], з контрольно-вимірювальною апаратурою – в [2, т.2, с.462-478; 22, с.532-580; 23; 33; 39; с.108-120; 40, с.159-162; 42; 43, с.82].

## 8. ПРОЕКТУВАННЯ ОПЕРАЦІЙНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

### 8.1. Розрахунок припусків на механічну обробку

Припуском на механічну обробку називається шар металу, що видаляється з поверхні заготовки в процесі обробки різанням, тобто зі зніманням стружки.

Проміжним припуском  $Z_i$  називається шар металу, що знімається при виконанні  $i$ -го технологічного переходу,:

- для зовнішніх поверхонь заготовки

$$Z_i = a - b, \text{ мм}; \quad (10)$$

- для внутрішніх

$$Z_i = b - a, \text{ мм}, \quad (11)$$

де  $a$  – розмір, отриманий на суміжному попередньому технологічному переході;

$b$  – розмір, який може бути отриманий на виконуваному технологічному переході.

Загальним припуском називають шар металу, необхідний для виконання усіх переходів, тобто для отримання з чорної поверхні заготовки обробленої поверхні готової деталі:

$$Z_0 = \sum_{i=1}^n Z_i, \text{ мм}. \quad (12)$$

При виконанні курсового проекту (роботи) необхідно визначити загальний припуск на 1...2 поверхні, указані викладачем (звичайно на циліндричну і плоску), розрахунково-аналітичним методом, а на решту поверхонь – аналоговим методом (за таблицями) [2, т.1, с.175-197; 3, с.174-283; 22, с.581-609], а також за ГОСТ 26645-85 (для чавунних і сталевих виливків), ГОСТ 7062-79 (для поковок з вуглецевої і легованих сталей, що виготовляються куванням на пресах), ГОСТ 7505-89 (для поковок сталевих штампованих), ГОСТ 7829-70 (для поковок з вуглецевої і легованої сталей, що виготовляються куванням на молотах).



Розрахунок припуску слід оформляти у вигляді таблиці, наведеної в [1-3; 16], що полегшує роботу і перевірку результатів розрахунку.

В технологічних процесах, розроблюваних у курсових проектах (роботах), в основному застосовується метод автоматичного отримання розмірів (обробка виконується на попередньо налагоджених верстатах), характерний для серійного та масового виробництва. Для цього випадку схема розміщення проміжного припуску показана на рис.1,а.

Для одиничного виробництва, коли розміри оброблених поверхонь отримують за методом пробних переходів, схема розміщення проміжного припуску показана на рис. 1,б.

Схема розміщення загального припуску для охопленої деталі (вала) при роботі на попередньо налагоджених верстатах показана на рис.2, де  $T$  – допуски на відповідних переходах;  $Z$  – припуски на обробку різанням. Аналогічну схему можна навести і для отвору. Детальна методика і порядок розрахунку припусків приведені в [1, с.62-96; 2, т.1, с.175-197; 3, с.174-283; 17, с.61-72; 22, с.581-609; 39, с.75-82; 40, с.109-114; 44, с.253-265].

Розрахункові формули для визначення симетричних і асиметричних припусків на обробку різанням наведені в табл.31.

В цих формулах  $R_{Z_{i-1}}$  – середня висота мікронерівностей, отриманих на попередньому переході або операції, мкм;  $h_{i-1}$  – глибина дефектного поверхневого шару, отримана на попередньому переході або операції і яку необхідно видалити, мкм;  $\Delta_{\Sigma_{i-1}}$  – векторна сума просторових відхилень взаємозв'язаних поверхонь оброблюваної заготовки, яку отримали на попередньому переході або операції, мкм;  $\epsilon_i$  – векторна сума похибок базування і закріплення, тобто похибка установки на виконуваний операції, мкм.

Значення  $R_{Z_{i-1}}$  і  $h_{i-1}$  беруть з [1, табл. 27-30, дод.ІІІ; 2, т.1, гл.4, табл. 1-3, 5-7, 10-12, 14, 24-27; 3, гл.3, табл. 2-5, 7-9, 11, 14, 16, 18-21, 23, 24, 26, 27, 29]. Необхідно звернути увагу, що для деяких матеріалів, що не піддаються наклепу,  $h_{i-1}$  після механічної обробки можна приймати рівним нулеві.

Найскладнішим є визначення векторної суми просторових відхилень  $\Delta_{\Sigma_{i-1}}$ , яка включає викривлення і жолоблення заготовок, похибки від зміщення верхньої і нижньої порожнин штампів відносно один одного та від зміщення опок ливарних форм і стержнів, неспіввісність та ексцентричність оброблюваних поверхонь відносно базових, зміщення центрових отворів відносно геометричної осі заготовки вала, викривлення та зміщення свердла при обробці отвору тощо. У більшості випадків напрям складових  $\Delta_1$  і  $\Delta_2$  векторної суми  $\Delta_{\Sigma}$  невідомий, тому приймають, що вони направлені під кутом  $90^0$  один до одного, тобто

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2} . \quad (13)$$

Методика і табличні дані для визначення просторових відхилень наведені в [1, табл.31-35; 2, т.1, гл.3, табл.4, 8, 9, 15-19, 21-23, 28, 30; 3, гл.3, табл.1, 6, 10, 12, 13, 15, 17, 22, 25].

Деякі відхилення розмірів литих і штампованих заготовок наведені в табл.8, 12...14 цих рекомендацій.

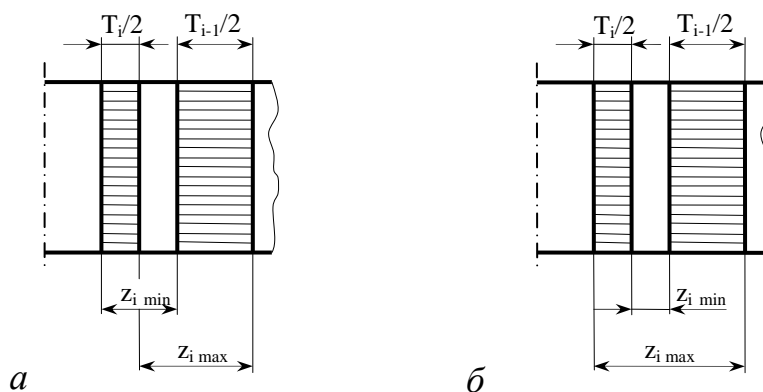


Рис.1. Схема розміщення припусків на оброблення валу

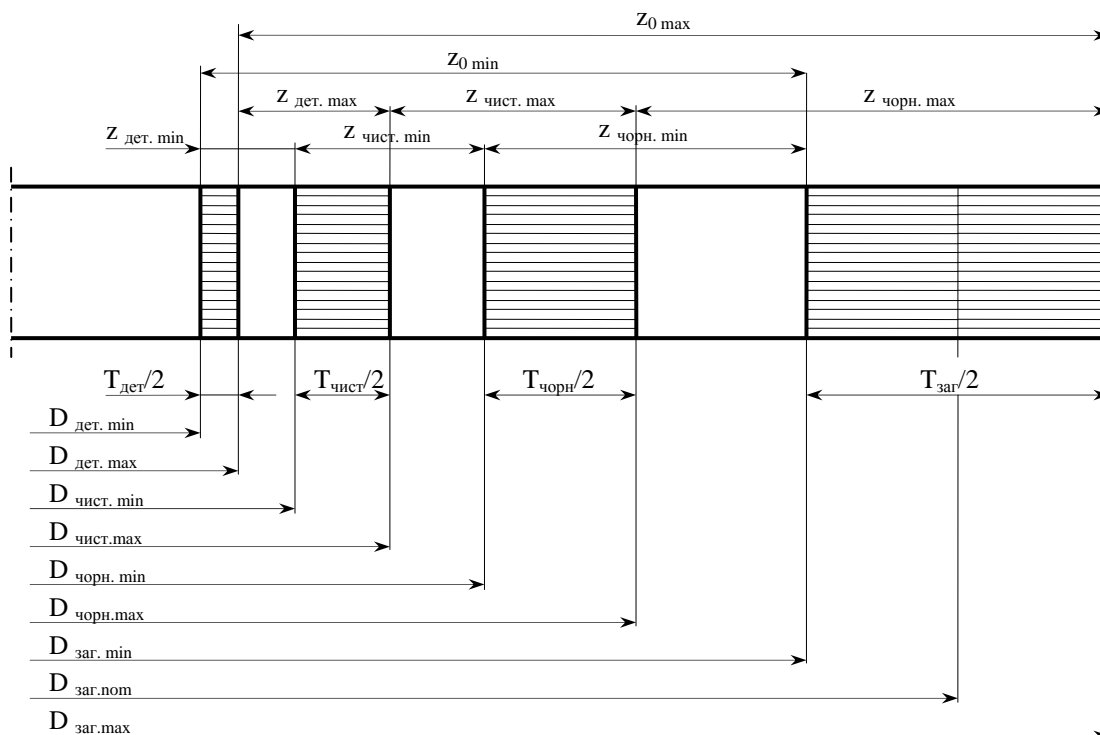


Рис.2. Схема розміщення припусків і допусків на оброблення валу на попередньо налагоджених верстатах

Таблиця 31

Розрахункові формули для визначення припуску на обробку

Вид обробки	Розрахункова формула
Послідовна обробка протилежних або окремо розміщених поверхонь	$Z_{i \min} = R_{Z_{i-1}} + h_{i-1} + \Delta_{\Sigma i-1} + \varepsilon_i$
Паралельна обробка протилежних поверхонь	$2Z_{i \min} = 2(R_{Z_{i-1}} + h_{i-1} + \Delta_{\Sigma i-1} + \varepsilon_i)$
Обробка зовнішніх і внутрішніх поверхонь тіл обертання	$2Z_{i \min} = 2(R_{Z_{i-1}} + h_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma i-1}^2 + \varepsilon_i^2})$
Обточування циліндричної поверхні заготовки, що установлена в центрах; безцентрове шліфування	$2Z_{i \min} = 2(R_{Z_{i-1}} + h_{i-1} + \Delta_{\Sigma i-1})$
Розвертання плаваючою розверткою; протягування	$2Z_{i \min} = 2(R_{Z_{i-1}} + h_{i-1})$
Суперфініш, полірування і розкатування (обкатування)	$2Z_{i \min} = 2R_{Z_{i-1}}$
Обробка лезовим або абразивним інструментом без витримування розміру (як чисто) чорної поверхні	$Z_q = R_{Z_{i-1}} + h_{i-1} + 0,25T_{i-1}$
Шліфування після термообробки площин при наявності $\varepsilon_i$	$Z_{i \min} = R_{Z_{i-1}} + \Delta_{\Sigma i-1} + \varepsilon_i$
Шліфування після термообробки площин при відсутності $\varepsilon_i$	$Z_{i \min} = R_{Z_{i-1}} + \Delta_{\Sigma i-1}$
Шліфування поверхонь тіл обертання при наявності $\varepsilon_i$	$2Z_{i \min} = 2(R_{Z_{i-1}} + \Delta_{\Sigma i-1} + \varepsilon_i)$
Шліфування поверхонь тіл обертання при відсутності $\varepsilon_i$	$2Z_{i \min} = 2(R_{Z_{i-1}} + \Delta_{\Sigma i-1})$

Похибки установки  $\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2}$ , що включають похибки базування  $\varepsilon_6$  і закріплення  $\varepsilon_3$  заготовки на виконуваний операції, необхідно намагатися мінімізувати, суміщаючи технологічні і вимірвальні бази (при цьому похибка базування  $\varepsilon_6 = 0$ ).

Похибки базування і закріплення залежать від конкретної схеми установки заготовки в пристрої і конструкції останнього.

Рекомендації для визначення похибок установки наведені в [1, с.87; 2, табл.36-39; 2, т.1, гл.1, табл.12-18; 3, с.65-75].

Усі знайдені дані для визначення  $Z_i$  для кожної операції (переходу) вписують у зведену таблицю [1, с.87; 2, с.193; 3, с.268-272; 17, с.66] і визначають проміжні розміри заготовки з допусками і загальний припуск  $Z_0$ .

Відмітимо, що отримані розрахункові значення припусків повинні бути прийняті за основу при призначенні глибин різання для розрахунку режимів різання і заповнення операційних технологічних карт.

## 8.2. Розрахунок режимів різання і норм часу

Мета розрахунку режимів різання – забезпечити обробку різанням в умовах, що найбільш близькі до оптимальних і дозволяють отримати необхідну якість деталі при високій продуктивності і мінімальній вартості.

Застосовують два методи визначення режимів різання: розрахунково-аналітичний і аналоговий (за довідниками та таблицями).

При аналітичному розрахунку режимів різання глибину різання  $t$  призначають, виходячи з технологічних міркувань або за результатами розрахунку припуску на обробку. Подачу  $S$  призначають за таблицями, виходячи з необхідної якості обробленої поверхні або інших обмежуючих факторів (міцність механізмів верстата, інструмента або заготовки, потужності обладнання тощо), і приймають найближчу меншу з тих, що є на верстаті.

Розрахункові значення швидкості різання  $V$  визначають за емпіричними формулами; після цього знаходять розрахункові значення частоти обертання  $n$  шпинделя верстата, підбирають найближче значення частоти  $n_\phi$  з тих, що є на верстаті, і перераховують фактичну швидкість різання  $V_\phi$ . У операційні технологічні карти вписують фактичні значення режимів різання. У розрахунково-пояснювальній записці приводяться усі вихідні дані і розрахунки з указуванням джерел.

При підборі режимів різання  $S$  та  $V$  за таблицями розраховують  $n$  і призначають  $n_\phi$  з тих, що є на верстаті, визначають  $V_\phi$ . Фактичні режими заносять в операційні технологічні карти.

Необхідно також визначити сили різання і перевірити верстат за потужністю.

Для розрахунку трудомісткості виготовлення деталі необхідно визначити затрати часу, що необхідні для виконання кожної операції.

При масовому виробництві визначають норму штучного часу, що витрачається на кожну операцію:

$$T_{шт} = T_0 + T_d + T_{обс} + T_{в.п.}, \text{ хв.}, \quad (14)$$

де  $T_o$  – основний час, що витрачається безпосередньо на різання металу;

$T_d$  – допоміжний час;

$T_{обс}$  – час на обслуговування робочого місця;

$T_{в.п}$  – час, передбачений на перерви і власні потреби верстатника.

При серійному виробництві додатково розраховують підготовчо-заключний час  $T_{п.з}$  і визначають штучно-калькуляційний час:

$$T_{ш.к} = T_{шт} + T_{п.з} / n, \text{ хв.}, \quad (15)$$

де  $n$  – число деталей в партії.

Після розрахунку режимів різання норми часу визначають у такій послідовності:

- на основі режимів різання для кожного переходу розраховують основний час за формулою

$$T_o = L/S_{хв} = (l + l_1 + l_2) / (S_o \cdot n_{\phi}), \text{ хв.}, \quad (16)$$

де  $L$  – довжина робочого ходу інструмента (стола), мм;

$S_{хв}$  – хвилинна подача інструмента (стола), мм/хв.;

$l, l_1, l_2$  – довжина відповідно оброблюваної поверхні, врізання і перебігу інструмента, мм;

$S_o$  – подача на один оберт заготовки (інструмента), подвійний хід стола тощо, мм/об.(мм/подвійний хід);

$n_{\phi}$  – частота обертання шпинделя або число подвійних ходів стола, хв.<sup>-1</sup>;

- за змістом кожної операції (переходу) установлюють необхідний комплекс прийомів допоміжних робіт і за таблицями визначають допоміжний час  $T_d$  [6;10] з урахуванням можливих і доцільних суміщень і перекривань;

- за нормативами, в залежності від виду операції і типу обладнання, визначають час на обслуговування робочого місця  $T_{обс}$  і власні потреби  $T_{в.п}$ ;

- визначають норму штучного часу  $T_{шт}$  (для масового виробництва);

- для серійного виробництва визначають обсяг підготовчо-заключних робіт на партію деталей [10, с.365-400], розраховують або знаходять за таблицями підготовчо-заключний час  $T_{п.з}$  і штучно-калькуляційний час  $T_{ш.к}$ .

Методика визначення режимів різання викладена в [1, с.96-111; т.2, с.261-304; 5 т.3; 6; 9; 11; 12; 14; 16; 17, с.73-76; 21; 22, с.626-683; 39, с.90-92; 44,с.106-118; 46].

З детальнішим викладенням методики визначення норм часу можна ознайомитися в [1, с.111-117; 6; 10; 16; 17, с.77-80; 22, с.609-626; 39, с.89; 44, с.271-281].

## 9. ОСТАТОЧНЕ ОФОРМЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ

У відповідності з вимогами Єдиної системи технологічної документації (ЄСТД) ГОСТ 3.1102-81 установлює види технологічної документації.

При розробці технологічного процесу виготовлення деталі заповнюють маршрутні технологічні карти, операційні технологічні карти і карти ескізів.

При виконанні курсових проектів (робіт) з технології машинобудування маршрутні технологічні карти складають на весь технологічний процес виготовлення деталі, а операційні карти і карти ескізів – на 3...5 різних операцій за рекомендацією викладача.

Маршрутна карта (МК) – документ, що містить описання технологічного процесу виготовлення (складання) виробу за усіма операціями в технологічній послідовності з указуванням відповідних даних по обладнанню, оснастці, матеріалах, трудових та інших нормативах.

МК заповнюється у відповідності з ГОСТ 3.1118-82. Приклад оформлення маршрутної карти за формою 1 і 1б, призначеною для одиничних технологічних процесів, що виконуються із застосуванням різних методів обробки, показаний на рис. 3 і 4. Наведемо деякі пояснення до заповнення МК форми 1.

При операційному описуванні технологічного процесу МК виконує роль зведеного документа, в якому указують адресну інформацію (номер цеху, дільниці, робочого місця, операції), найменування операції, перелік документів, що застосовуються при виконанні операції, технологічне обладнання і трудозатрати.

МК складається з двох частин: верхньої, в якій указують інформацію про розробника МК та усі необхідні відомості про виготовлювану деталь і заготовку для неї, і нижньої, в якій вписують найменування операцій технологічного процесу та деякі пояснення до них.

У правому верхньому куті указується шифр документа (РГР.ТМ.МТ32. 0088.МК), кількість сторінок МК (2) та номер сторінки (1). Нижче розміщують дані про розробника (прізвища, підписи, дати, найменування організації), код деталі (020.003.0088) і її найменування (кронштейн). У рядку М01 приводять дані про матеріал деталі (чавун СЧ 21 ГОСТ 1412-85), в рядку М02 – дані про деталь і заготовку. Так, у графі

“код” указують код матеріалу за класифікатором ( - ); “ОВ” – код одиниці величини деталі за класифікатором (166) [17, с.45]; “МД” – маса деталі (8,07); “ОН” – одиниця нормування, на яку встановлена норма розходу матеріалу або норма часу (1); “Н.розх.” – норма розходу матеріалу (9,55); “КВМ” – коефіцієнт використання матеріалу, що представляє собою відношення маси деталі до норми розходу матеріалу (0,85); “Код заготовки” – код заготовки за класифікатором (41112X) [17, с.183]; “Профіль та розміри” – профіль та розміри заготовки (89,5 x 170 x 192); “КД” – кількість деталей, що виготовляється з однієї заготовки (1); “МЗ” – маса заготовки (9,5).

У рядок А для кожної операції вписують номер цеху (05), дільниці (03), робочого місця (01), де виконується операція; номер операції (005); код (4261) [17, с.184] і найменування (вертикально-фрезерна) операції, а також позначення документів, інструкцій по охороні праці, що застосовуються при виконанні операції. Необхідно відмітити, що номери операцій указують арабськими цифрами у послідовності, що відповідає технологічному процесові. Найменування операцій записують у відповідності до ГОСТ 3.1702-79 [17, с.187].

У рядок Б кожної операції записують код (381611) [17, с.184] і найменування обладнання (вертикально-фрезерний верстат 6М12П); степінь механізації (залежить від кількості верстатів, що обслуговуються); код професії верстатника за класифікатором (18632) [17, с.186]; розряд роботи, що необхідний для виконання операції (313) [17, с.45]; код умов праці за класифікатором і код виду норми (10) [17, с.45]; кількість робочих, що зайняті при виконанні операції (1); кількість деталей, що одночасно виготовляються при виконанні однієї операції (1); одиниця нормування (1); обсяг виробничої партії в штуках (200); коефіцієнт штучного часу при багатOVERстатному обслуговуванні (1); норма підготовчо-заключного часу на операцію (23); норма штучного часу на операцію (3,15).

Аналогічно заповнюються рядки А та Б для решти операцій в МК форм 1 і 1б.

Операційна карта (ОК) – документ, що містить описання операції за технологічним процесом виготовлення (складання) виробу з розчленуванням операції на переходи і установки та указуванням режимів роботи, розрахункових норм і трудових нормативів.

Заповнення операційних карт регламентується ГОСТ 3.1404-86. Для процесів і операцій, що виконуються із застосуванням універсального обладнання (крім обладнання з жорстким зв'язком командоапарату), можуть застосовуватись ОК форми 2 і форми 2а з відведеною в них графою для операційного ескізу (рис.5 і 6), а також ОК форми 3 в поєднанні з картою ескізів (КЕ) форми 7а за ГОСТ 3.1105-84 (рис.7 і 8).







Дубл.				ГОСТ 3.1404-86 Форма 2									
Взам.													
Підп.													
Виріб						РГР.ТМ.ЛМ61.0088.ОК		8	3				
Розроб.	Галайда		20.01.12	НТУУ "КПІ" зр. ЛМ-61		020.003.0088							
Нормув.													
Нач.ТБ													
Затв.	Фролов			Кронштейн			КР		015				
Н.контр.													
				Найменування операції			Матеріал						
				Радіально-свердлильна			СЧ 21 ГОСТ 1412-85						
				Твердість	ОВ	МД	Профіль та розміри		МЗ	КОВД			
				НВ 210	166	8,07	89,5 x 170 x 192		9,5	1			
				Обладнання, пристрій ЧПК					Позначення програми				
				Радіально-свердлильний верстат 2Н53									
T <sub>о</sub>		T <sub>д</sub>		T <sub>п.з</sub>		T <sub>шт</sub>		МОР					
1,04		1,18		25		2,43		5% емульсія Укринол - 1					
Р				Ш	Д або В	L	t	i	S	n	V		
001	1. Свердли 4 наскрізних отвори, витримуючи розміри 1, 2, 3, 4, 5									0,48			
T02	АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ. пристрій П2; АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ. патрон 6152-0153 ГОСТ 14077-68												
T03	АБВГ.391267.ХХХ сверло Ø17 Р6М5 ГОСТ 10903-77												
P04			17		27		8,5		4		0,45	500	26,7
05													
06	2. Свердли попередньо 2 наскрізних отвори, витримуючи розміри 7(11,8 <sup>+0,07</sup> ), 4, 5 і 6									0,26			
T07	АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ. пристрій П2; АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ. патрон 6152-0153 ГОСТ 14077-68												
T08	АБВГ.391267.ХХХ сверло Ø11,8 Р6М5 ГОСТ 10903-77												
P09			11,8		25		5,9		2		0,31	630	23,3
10													
ОК	Оброблення різанням												

Рис.5. Операційна карта (форма 2)



ГОСТ 3.1406-86 Форма 3

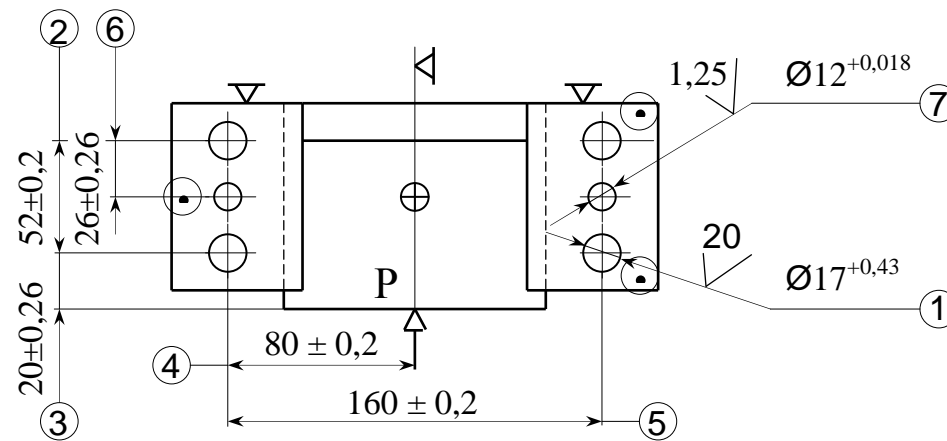
Дубл.																				
Взам.																				
Підп.																				
										<i>РГР.ТМ.ЛМ61.0088.ОК</i>					8	3				
Розроб.	<i>Галайда</i>		<i>20.01.12</i>					<i>НТУУ"КПІ" гр. ЛМ-61</i>		<i>020.003.0088</i>										
Нормув.																				
Нач.ТБ																				
Затв.	<i>Фролов</i>							<i>Кронштейн</i>			<i>КР</i>				<i>015</i>					
Н.контр.																				
Найменування операції				Матеріал				Твердість	ОВ	МД	Профіль та розміри			МЗ	КОВД					
<i>Радіально-свердлильна</i>				<i>СЧ 21 ГОСТ 1412-85</i>				<i>НВ 214</i>	<i>166</i>	<i>8,07</i>	<i>89,5 x 170 x 192</i>			<i>9,5</i>	<i>1</i>					
Обладнання, пристрій ЧПК				Позначення програми				T <sub>о</sub>	T <sub>д</sub>	T <sub>п.з</sub>	T <sub>шт</sub>	МОР								
<i>Радіально-свердлильний верстат 2Н53</i>				<i>-</i>				<i>1,04</i>	<i>1,18</i>	<i>25</i>	<i>2,43</i>	<i>5% емульсія Укринол-1</i>								
Р							Ш	Д або В	L	t	i	S	п	V						
001	<i>1. Свердлити 4 наскрізних отвори, витримуючи розміри 1, 2, 3, 4, 5</i>													<i>0,48</i>						
T02	<i>АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ. пристрій П2; АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ. патрон 6152-0153 ГОСТ 14077-68</i>																			
T03	<i>АБВГ.391267.ХХХ свердло Ø17 Р6М5 ГОСТ 10903-77</i>																			
P04							<i>17</i>	<i>27</i>	<i>8,5</i>	<i>4</i>	<i>0,45</i>	<i>500</i>	<i>26,7</i>							
05																				
06	<i>2. Свердлити попередньо 2 наскрізних отвори, витримуючи розміри 7(11,8<sup>+0,07</sup>), 4, 5 і 6</i>													<i>0,26</i>						
T07	<i>АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ. пристрій П2; АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ. патрон 6152-0153 ГОСТ 14077-68</i>																			
T08	<i>АБВГ.391267.ХХХ свердло Ø11,8 Р6М5 ГОСТ 10903-77</i>																			
P09							<i>11,8</i>	<i>25</i>	<i>5,9</i>	<i>2</i>	<i>0,31</i>	<i>630</i>	<i>23,3</i>							
10																				
11																				
12																				
13																				
ОК	Оброблення різанням																			

59

Рис.7. Операційна карта (форма 3)

ГОСТ 3.1105-84 Форма 7а

Дубл.																				
Взам.																				
Підп.																				
														РГР.ТМ.ЛМ61.0088.КЕ				8		
														020.003.0088				015		



КЕ

Оброблення різанням

Рис.8. Карта ескізів (форма 7а)

Розглянемо приклад заповнення ОК форми 2. У правому верхньому куті вказується шифр документа (РГР.ТМ.ЛМ61.0088.ОК), кількість сторінок ОК (8) і номер сторінки (3). Нижче розміщують дані про деталь (020.003.0088) і її найменування (кронштейн), а також номер операції (015). Далі приводять дані про найменування операції (радіально-свердлильна), матеріал деталі (СЧ 21 ГОСТ1412-85), твердість матеріалу (НВ 210), код одиниці величини деталі за класифікатором (166) [17, с.45], масу деталі (8,07), профіль та розміри заготовки (89,5 x 170 x 192), масу заготовки (9,5), кількість одночасно виготовлених деталей (1), найменування обладнання і пристрою ЧПК (радіально-свердлильний верстат 2Н53), позначення програми для верстатів з ЧПК, норми основного (1,04), допоміжного (1,18), підготовчо-заключного на партію деталей (25) і штучного (2,43) часу, а також дані про використання мастильно-охолоджуючої рідини (5% емульсія Укринол-1) [46, с.67-74].

У рядку О вказується номер переходу (1) і його зміст (свердлити чотири наскрізних отвори, витримуючи розміри 1, 2, 3, 4, 5), що включає :

- найменування методу обробки, висловлене дієсловом у наказовій формі (точити, фрезерувати, свердлити, шліфувати тощо);
- кількість одночасно або послідовно оброблюваних поверхонь;
- найменування оброблюваної поверхні (торець, отвір, площа, поверхня, галтель, фаска тощо);
- який розмір необхідно витримати (розмір може бути позначений номером, що проставлений на ескізі, або, якщо він проміжний, номером і конкретним значенням).

Правила запису операцій і переходів наведені в ГОСТ 3.1702-79 [17, с.187], а ключові слова технологічних переходів і їх умовні коди, що застосовуються для безтекстового запису в ОК та МК, – в [17, с.189].

У кінці рядка О вказують норму основного часу на перехід (0,48).

У рядку Т вказують послідовно коди і найменування пристроїв (АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ пристрій П2), допоміжного інструмента (АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ патрон 6252-0153 ГОСТ 14077-68), різального інструмента (АБВГ.391267.ХХХ свердло Ø17 Р6М5 ГОСТ 10903-77) і засобів вимірювання. Коди деяких пристроїв і інструментів наведені в [17, с.182].

У рядку Р вказують у відповідних графах діаметр Д або ширину В оброблюваної поверхні (17) і довжину ходу L інструмента (27), а також режими обробки – глибину різання t (8,5), число переходів і (4), подачу S (0,45), число обертів шпинделя n (500) та швидкість різання V (26,7).

Аналогічно заповнюються інші рядки ОК форми 2 і форм 2а.

Якщо заготовка оброблюється за один установ, то спосіб її установки і закріплення очевидний з ескізу операції і допоміжний перехід

“Установити, закріпити і зняти виріб” не пишеться. Якщо ж заготовка оброблюється за два і більше установи, то після кожного установи вводять допоміжний перехід “Установити виріб” і далі записують зміст чергового переходу.

Карта ескізів (КЕ) за формою 7а (ГОСТ 3.1105-84) або операційний ескіз в ОК за формою 2 (ГОСТ 3.1404-86) вміщує графічну ілюстрацію технологічного процесу для операції механічної обробки.

Ескізи для операцій і переходів включають усі дані, необхідні для виготовлення і контролю оброблюваної деталі. На операційному ескізі деталь показують у тому стані, якого вона набуває в результаті виконання даної операції.

На ескізах указують розміри, точність і шорсткість оброблених поверхонь, технологічні бази і технічні вимоги до обробки та контролю деталі.

Карти ескізів можуть супроводжуватися спеціальними технічними вимогами, які розміщують на вільному полі ескізу справа від зображення.

Прийнято викреслювати ескізи в масштабах, передбачених ЄСКД, але допускається виконання їх у довільних масштабах, які забезпечують чітку уяву про виріб.

Оброблювані поверхні обводять суцільною лінією, в 2...3 рази товстішою від основної суцільної лінії (в курсових проектах (роботах) допускається позначати оброблювані поверхні червоним олівцем або тушшю).

Оброблювані поверхні нумерують арабськими цифрами. Номер оброблюваної поверхні проставляють усередині кола діаметром 6...8 мм і з'єднують виносною лінією із зображенням цієї поверхні.

Для зображення технологічних баз і затискних елементів застосовують умовні позначення (див. табл. 21).

Операції, що виконуються із застосуванням універсального обладнання з жорстким зв'язком командоапарату, документально оформлюють на ОК наступних форм (ГОСТ 3.1404-86):

- для одношпindelних токарних автоматів і напівавтоматів – на формах 8 і 8а, 9 і 9а;

- для багатошпindelних токарних автоматів і напівавтоматів – на формах 10 і 10а, 11 і 11а;

- для токарних автоматів повздовжнього точіння – формах 12 і 12а, 13 і 13а.

При використанні верстатів з ЧПК слід застосовувати як додаток до ОК форм 2, 3 і 2а наступні документи :

- карту налагодження інструмента – форми 4 і 4а;

- карту кодування інформації – форми 5 і 5а;

- карту заказу на розробку керуючої програми – форми 6 і ба.

При оформленні документів на процеси і операції, що виконуються з застосуванням спеціалізованого і спеціального обладнання, можуть бути використані ОК за формами 2, 2а і 3, 14 і 14а, 15 і 15а. Форми 14 і 14а, 15 і 15а слід використовувати при проектуванні документів без застосування засобів механізації і автоматизації.

## 10. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБРАНОГО ВАРІАНТУ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

Щоб вирішити питання про доцільність запропонованого технологічного процесу, необхідно скласти не менше двох варіантів виготовлення деталей і провести їх техніко-економічне порівняння. Якщо аналогічне виробництво уже є на заводі, то порівняння з заводською технологією обов'язкове.

Найвигіднішим признається той варіант, у якого сума текучих і приведених затрат на одиницю продукції буде мінімальною [1; 3]. У курсовому проекті (роботі) слід включати в число доданків суми приведених затрат тільки ті, котрі змінюються при переході до нового варіанту технологічного процесу. Методика визначення економічності різних технологічних процесів приведена в [1, с.40-41; 2, т.2, с.417-438; 8, с.59-69; 17, с.94-97; 22, с.695-715; 38; 39, с.327-330; 44, с.281-291].

Необхідно відмітити певну трудомісткість виконання економічних розрахунків та складність підбирання відповідних вихідних даних. Тому при визначенні собівартості за приведеними затратами рекомендується користуватися раніше розрахованими їх значеннями [34].

При однаковій заготовці в різних варіантах технологічного процесу порівнюють трудомісткість механічної обробки тільки за тими операціями, що розрізняються. При обґрунтуванні вибраного технологічного процесу рекомендується також приводити логічні докази, що ураховують розхід металу і його вартість; кількість зайнятих верстатів; виробничі площі, що займаються дільницею цеху або потоковою лінією; вартість і складність обладнання, пристроїв тощо.



## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Курсовое проектирование по технологии машиностроения* / Под ред. А. Ф. Горбачевича. – Минск: Вышэйш. шк., 1975. – 287 с.
2. *Справочник технолога-машиностроителя*. / Под ред. А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985 – 1986. Т.1,2.
3. *Косилова А. Г., Мещеряков Р. К., Калинин М. А.* Точность обработки, заготовки и припуски в машиностроении: Справочник, – М.: Машиностроение, 1976. – 288 с.
4. *Справочник инструментальщика*. / И. А. Ординарцев, Г. В. Филиппов, А. Н. Шевченко и др. – Л.: Машиностроение, 1987. – 846 с.
5. *Справочник металлиста*. / Под ред. А.Н.Малова. – М.: Машиностроение, 1976 – 1978. Т. 1-5.
6. *Справочник нормировщика-машиностроителя*. / Под ред. Е. И. Стружестраха. – М. : Машгиз, 1961. - 890 с. Т. 2.
7. *Горошкин А. К.* Приспособления для металлорежущих станков: Справочник. – М.: Машиностроение, 1979. – 383 с.
8. *Дипломное проектирование по технологии машиностроения* / Под ред. В. В. Бабука. – Минск: Вышэйш. шк., 1979– 464 с.
9. *Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках*. – М.: Машиностроение, 1974. Ч.1, 2.
10. *Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного для технического нормирования станочных работ (серийное производство)*. – М.: Машиностроение, 1974. – 423 с.
11. *Расчет режимов резания при точении*: Методические указания и контрольные задания по дисциплине "Теория резания" для самостоятельной работы студентов специальности "Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты" и слушателей ФПК / Сост. В. В. Коваленко, Беланенко В.Г., Кругляк А.П. – К.: КПИ, 1987. –64 с.
12. *Методические указания и контрольные задания по дисциплине "Теория резания" для студентов специальности "Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты" и слушателей ФПК: Расчет режимов резания при сверлении* /Сост. В. В. Коваленко – К.: КПИ, 1985 – 60 с.
13. *Анурьев В. И.* Справочник конструктора-машиностроителя. – М.: Машиностроение, 1978. Т. 1–3.
14. *Обработка металлов резанием*. Справочник технолога / Под ред. Г. А. Монахова – М.: Машиностроение, 1974. – 598 с.

15. *Розробка технологічного процесу* виготовлення деталі. Методичні вказівки до виконання курсової роботи (проекту) з дисципліни "Технологія машинобудування" для студентів Механіко-машинобудівного інституту, інженерно-фізичного та поліграфічного факультетів /Укл. С. С. Добрянський, В. К. Фролов, В. А. Ковальов. – К. "Політехніка", 2002. – 78с.
16. *Нефедов Н. А.* Дипломное проектирование в машиностроительных техникумах. – М.: Высш. Шк., 1986. – 239 с,
17. *Гжиров Р. И.* Краткий справочник конструктора. – Л.: Машиностроение, 1984. – 464 с.
18. *Мягков В. Д.* Допуски и посадки.. – Л.: Машиностроение, 1982. Т.1 – 2.
19. *Болдин Л. А.* Основы взаимозаменяемости и стандартизации в машиностроении. – М.: Машиностроение, 1984. – 272 с.
20. *Режимы резания металлов:* Справочник / Под ред. Ю. В. Барановского. – М.: Машиностроение, 1972. – 406 с.
21. *Обработка металлов резанием:* Справочник технолога / Под ред. А. А. Панова. – М.: Машиностроение, 1988. – 736 с.
22. *Контрольно-измерительные приборы и инструменты в машиностроении:* Справочник / В. Г. Кострицкий и др. – К.: Тэхника, 1986. – 135 с.
23. *Балакишин Б. С.* Основы технологии машиностроения. – М.: Машиностроение, 1969. – 552 с.
24. *Беспалов Б. Л.* Технология машиностроения (специальная часть). – М.: Машиностроение, 1973. – 447 с.
25. *Технология машиностроения* / Под ред. М. Е. Егорова. – М.: Высш. шк., 1976. – 534 с.
26. *Основы технологии машиностроения* / Под ред. В. С. Корсакова. – М.: Машиностроение, 1977. – 416 с.
27. *Технология машиностроения* / Под ред. С. А. Картавова. – К.: Тэхника, 1965, – 527 с.
28. *Картавов С. А.* Технология машиностроения (специальная часть). – К.: Выща шк., 1984. – 272 с.
29. *Демьянюк Ф. С.* Технологические основы поточно – автоматизированного производства. – М.: Высш. шк., 1968. — 700 с.
30. *Металлорежущие станки:* Каталог – справочник. – М., 1971.
31. *Ансеров М. А.* Приспособления для металлорежущих станков. – Л.: Машиностроение, 1975, – 656 с.
32. *Модульное оборудование* для гибких производственных систем механической обработки: Справочник / Под ред. Р. Э. Сафрагана. – К.: Тэхника, 1989. – 175 с.

33. *Кузнецов Ю. Н., Маслов А. Р., Байков А. Н.* Оснастка для станков с ЧПУ: Справочник. – М.: Машиностроение, 1983. – 359 с.
34. *Терликова Т. Ф., Мельников А. С., Баталов В. И.* Основы конструирования приспособлений. – М.: Машиностроение, 1980. – 120 с.
35. *Локтева С. Е.* Станки с программным управлением и промышленные роботы. – М.: Машиностроение, 1986. – 320 с.
36. *Сафраган Р. Э., Полонский А. Э., Таурит Г. Э.* Эксплуатация станков с числовым программным управлением. – К.: Тэхника, 1974. – 307 с.
37. *Расчеты экономической эффективности* новой техники: Справочник / Под ред. М. К. Великанова. – Л.: Машиностроение, 1975.
38. *Данилевский В. В.* Технология машиностроения. – М.: Высш. шк., 1984. – 416 с.
39. *Лавриненко М. З.* Технология машиностроения и технологические основы автоматизации. – К.: Выща шк., 1982. – 320 с.
40. *Кузнецов Ю. Н.* Конструкции приспособлений для станков с ЧПУ. – М.: Высш.шк., 1988. – 303 с .
41. *Технология машиностроения* (специальная часть) / А. А. Гусев и др. – М.: Машиностроение, 1986. – 400 с.
42. *Ковшов А. И.* Технология машиностроения. – М.: Машиностроение, 1987. – 320 с.
43. *Маталин А. А.* Технология машиностроения. – М.: Машиностроение, 1985. – 496 с.
44. *Станочные приспособления:* Справочник, / Под ред. Б. Н. Вардашкина. – М.: Машиностроение, 1984. Т.1–2.
45. *Справочник по обработке металлов резанием* / Ф. Н. Абрамов, В. В. Коваленко, В. Е. Любимов и др. – К.: Тэхника, 1983. – 239 с.

## ЗМІСТ

1. Послідовність проектування технологічного процесу виготовлення деталі.....	3
2. Технологічний контроль креслення.....	3
3. Аналіз службового призначення деталі і умов її роботи у вузлі.....	4
4. Визначення типу і форми організації виробництва.....	5
5. Відпрацювання конструкції деталі на технологічність.....	7
6. Вибір заготовки і його техніко-економічне обґрунтування.....	11
6.1. Литі заготовки.....	12
6.2. Ковані та штамповані заготовки.....	16
6.3. Зварні заготовки.....	23
6.4. Заготовки з прокату.....	25
7. Проектування маршрутного технологічного процесу.....	27
7.1. Основні правила і послідовність проектування технологічного маршруту виготовлення деталі.....	27
7.2. Вибір типового технологічного процесу і типових схем оброблення поверхонь.....	29
7.2.1. Корпусні деталі.....	29
7.2.2. Деталі класу “круглі стержні”.....	30
7.2.3. Деталі класу “порожнисті циліндри”.....	31
7.2.4. Деталі класу “диски”.....	31
7.2.5. Деталі класу “некруглі стержні”.....	32
7.2.6. Типові схеми оброблення поверхонь.....	33
7.3. Вибір технологічних баз і обґрунтування прийнятої схеми базування.....	33
7.4. Вибір обладнання, верстатних пристроїв, різальних і вимірювальних інструментів.....	37
8. Проектування операційного технологічного процесу.....	47
8.1. Розрахунок припусків на механічне оброблення.....	47
8.2. Розрахунок режимів різання і норм часу.....	51
9. Остаточне оформлення технологічної документації.....	53
10. Техніко-економічне обґрунтування вибраного варіанту технологічного процесу.....	63
Список літератури.....	64