

Міністерство освіти і науки України

Національний університет водного господарства
та природокористування

Кафедра автомобілів та автомобільного господарства



02-03-135M

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання практичних робіт з навчальної дисципліни
«Технологічні основи машинобудування»
для здобувачів вищої освіти першого бакалаврського рівня
за освітньо-професійною програмою «Створення та експлуатація
машин і обладнання»
спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»
денної та заочної форм навчання

Рекомендовано науково-методичною
радою з якості ННМІ
Протокол № 9 від 20.06.2023 р.

Рівне – 2023

Методичні вказівки до виконання практичних робіт з навчальної дисципліни «Технологічні основи машинобудування» для здобувачів вищої освіти першого бакалаврського рівня за освітньо-професійною програмою «Створення та експлуатація машин і обладнання» спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» денної та заочної форм навчання [Електронне видання] / Пікула М. В. – Рівне : НУВГП, 2023. – 42 с.

Укладач: Пікула М. В., старший викладач кафедри автомобілів та автомобільного господарства.

Відповідальний за випуск: Стадник О. С., в.о. завідувача кафедри автомобілів та автомобільного господарства.

Керівник групи забезпечення спеціальності, к.т.н., доцент кафедри будівельних, дорожніх, меліоративних, сільськогосподарських машин і обладнання Нечидюк А. А.

© М. В. Пікула, 2023

© НУВГП, 2023

ЗМІСТ

<i>Практична робота № 1. Структура технологічної операції механічної обробки.....</i>	3
<i>Практична робота № 2 Шорсткість поверхонь деталей машин</i>	6
<i>Практична робота № 3. Розрахунок припусків на механічну обробку</i>	10
<i>Практична робота № 4. Конструювання заготовок.....</i>	15
<i>Практична робота № 5. Проектування маршрутної технології механічної обробки</i>	22
<i>Практична робота № 6. Проектування операційних карт і карт ескізів</i>	29
<i>Практична робота № 7. Визначення норм витрат матеріалу.</i>	34
<i>Практична робота № 8. Проектування токарно-револьверної операції.....</i>	37

Практична робота № 1
**СТРУКТУРА ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ОПЕРАЦІЇ
МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ**

Мета заняття – ознайомитися з структурою технологічної операції і її складовими.

1.1. Теоретичні відомості

Сукупність дій людей і машин з перетворення матеріалів у продукцію називають *виробничим процесом*. Всі виробничі процеси класифікують за різними ознаками. Так, за видом об'єкта - процес з переробки матеріалів, з переробки енергії і з переробки інформації; за характером протікання - безперервний і дискретний; за способом керування - з участю людини і автоматизований.

Виробничий процес охоплює такі етапи, як підготовка засобів виробництва; зберігання матеріалів; виготовлення деталей; складання вузлів і машин в цілому; транспортування матеріалів, деталей, вузлів; технічний контроль на всіх стадіях; випробування виробів тощо.

Обробка металів тиском і лиття не завжди забезпечують задані точність розмірів і шорсткість поверхні. Тому ними переважно виготовляють заготовки для обробки різанням, яка є дорогою - через великі трудомісткість і втрати металу (у масовому виробництві - до 15 %, в одиничному - до 25%).

Виготовлення заготовок, їх обробка і складання машин пов'язано з виконанням різних процесів. Так, *технологічним процесом механічної обробки* називають частину виробничого процесу, безпосередньо пов'язану зі зміною форми, розмірів і якості поверхонь деталей. Для цього потрібні засоби технологічного оснащення: устаткування (верстати, ливарні машини, преси) та спорядження (інструменти, ливарні форми, штампи, пристрої).

Технологічний процес поділяють на закінчені частини, які виконують на одному робочому місці - *технологічні операції*. Закінчену частину технологічної операції, яку виконують одними засобами технологічного оснащення при постійних режимах і установках, називають *технологічним переходом*. Частини технологічної операції, які включають дії людини й устаткування, і не супроводжуються зміною властивостей предметів праці (наприклад, зняття/зміна заготовки) відносять до *допоміжних переходів*. Однократне переміщення ін-

струменту відносно заготовки, яке супроводжується зміною її розмірів, якості і властивостей, і є закінченою частиною технологічного переходу, називають *робочим ходом*. *Допоміжний хід* - це однократне переміщення інструменту, при якому не видаляється метал. Частину технологічної операції, яку виконують при незмінному закріпленні заготовки, називають *установом*.

Залежно від обсягу випуску виробів розрізняють три типи виробництва - *одиничне, серійне, масове* (табл. 1.1). Їх основною характеристикою є *коефіцієнт закріплення операцій* - відношення числа всіх технологічних операцій, які виконуються протягом місяця (O), до числа робочих місць, на яких ці операції виконують (P):

$$K_{z.o} = O/P \quad (1.1)$$

При проектуванні технологічного процесу в умовах серійного виробництва визначають величину партії деталей:

$$n_o = N t / F_\delta \quad (1.2)$$

де: N - виробнича програма випуску на плановий період, шт; t - число днів, на які потрібно мати запас деталей на складі (2...3 дні - великі деталі, 5...10 - дрібні); F_δ - дійсний фонд часу на планований період, дні.

Таблиця 2.1

Характеристика типів машинобудівного виробництва

Виробництво	Кількість деталей одного типорозміру		
	маса понад 30 кг	маса, 8...30 кг	маса до 8 кг
Одиничне	до 5	до 10	до 100
Малосерійне ($20 < K_{z.o} < 40$)	5...100	10...200	100...500
Середньосерійне ($10 < K_{z.o} < 20$)	100...300	200...500	500...5000
Великосерійне ($1 < K_{z.o} < 10$)	300...1000	500...5000	5000...50000
Масове ($K_{z.o} = 1$)	понад 1000	понад 5000	понад 50000

Приклад 1.1. *Встановіть послідовність виготовлення втулки з прокату, розрізаного на штучні заготовки.*

Розв'язок. Аналізуючи вихідні дані, передбачаємо, що в операції обробляють 9 поверхонь заготовки, тому потрібно послідовно виконати дев'ять технологічних переходів. Для виконання операції використовуємо токарно-гвинторізний верстат, тому найменування операції - токарно-гвинторізна. Встановлюємо раціональну послідовність виконання технологічних переходів по установках (табл.2.1).

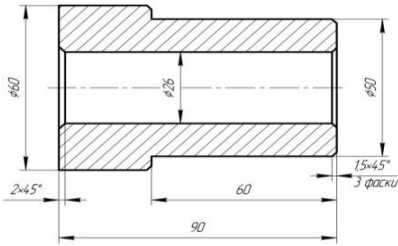


Рис.2.1. Втулка

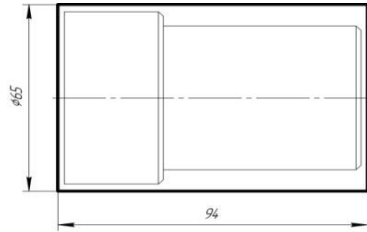


Рис.2.2. Заготовка втулки

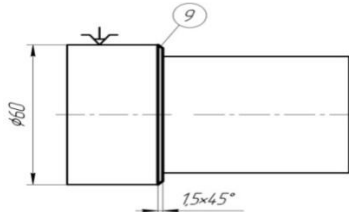
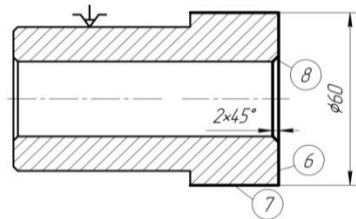
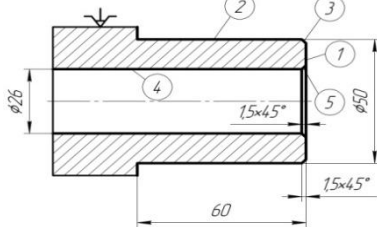


Рис.2.3. Операційні ескізи

Приклад 1.2. Визначте тип виробництва для обробки вала масою 15 кг при річній програмі $N=4500$ штук. Встановіть основні характеристики для організації виготовлення цієї деталі.

Розв'язок. За табл. 1.1 встановлюємо тип виробництва - великосерійне (маса деталі до 30 кг). Визначаємо величину партії деталей:

$$n_0 = N t / F_0 = (4500 \times 2,5) / 254 = 44, 3 \text{ шт}$$

Приймаємо $n_0 = 45$ шт. При запасі деталей у цеху на 2,5 робочі дні запуск партії деталей в обробку потрібно здійснювати два рази у тиждень (при п'ятиденному робочому тижні і однозмінній роботі).

Приклад 1.3. На дільниці є 18 робочих місць, на яких протягом місяця виконують 154 технологічні операції. Який тип виробництва.

Розв'язок. Коефіцієнт закріплення операцій:

$$K_{3,0} = O/P = 154/18 = 8,56$$

Отож, на дільниці за кожним робочим місцем закріплено по 8,56 операцій, тому виробництво – великосерійне ($1 < K_{3,0} < 10$).

Практична робота №2
ШОРСТКІСТЬ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Мета заняття – ознайомитися з основними поняттями про параметри якості поверхневого шару деталі.

2.1. Теоретичні відомості

Робоче креслення деталі містить її зображення й інші дані, необхідні для її виготовлення.

Важливим параметром деталі є шорсткість поверхні, яка суттєво впливає на експлуатаційні показники. Адже саме на поверхню деталей у першу чергу діють зовнішні впливи. Зношення поверхонь, корозійне чи кавітаційне руйнування тощо - це процеси, які відбуваються на поверхні деталей і в її поверхневому шарі.

Геометричні параметри якості поверхні (рис. 4.1) поділяють на *відхилення форми*; *хвилястість*; *шорсткість* і *субмікрошорсткість*.

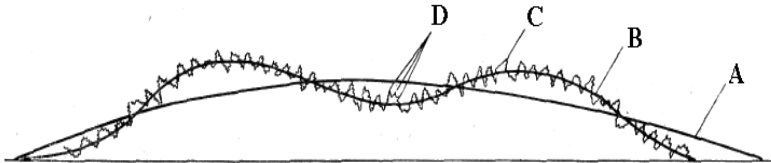


Рис. 4.1. Схема відхилень реальних поверхонь від ідеальних: A - макроскопічне відхилення форми; B - хвилястість; C - шорсткість; D - субмікрошорсткість

Вимоги до шорсткості поверхні встановлюють залежно від її призначення і забезпечення заданої якості. Якщо такої потреби нема, то вимоги до шорсткості не встановлюють і її не контролюють. Іноді встановлюють різні вимоги до шорсткості окремих ділянок однієї поверхні.

Шорсткість є розмірною характеристикою, яку оцінюють за різними показниками і незалежно від способу обробки. ГОСТ 2789-73 установлює шість параметрів, що характеризують шорсткість поверхні: висотні (R_a , R_z і R_{max}), крокові (S_m і S) і відносна опорна довжини профілю t_p . Вибір параметрів і їх значень здійснюють з урахуванням призначення поверхні і встановлення зв'язку з експлуатаційними властивостями поверхні. Шорсткість оцінюють в межах базової довжини l - 0,01; 0,03; 0,08; 0,25; 0,80; 2,5; 8,0; 25 мм.

Значення параметрів шорсткості поверхні визначають від середньої лінії m (рис.4.2), положення якої визначають так, щоб площі по

обидва боки від неї до контуру профілю були приблизно рівні.

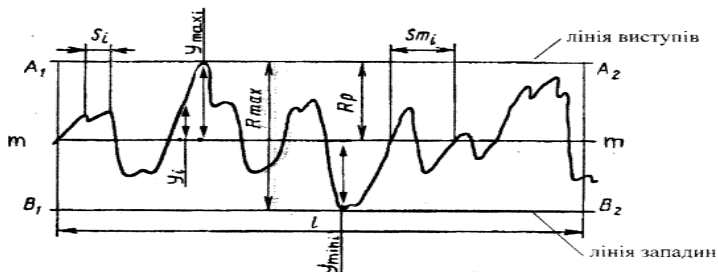


Рис. 4.2. Профілограма реальної поверхні

Середнє арифметичне відхилення профіля R_a :

$$R_a = \frac{1}{n}(y_1 + y_2 + \dots + y_n) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i, \quad (2.1)$$

де y - віддаль між будь-якою точкою профілю і середньою лінією.

Висота нерівностей профілю по десяти точках R_z - це сума середніх абсолютних значень висот п'яти найбільших виступів і глибин п'яти найбільших впадин профілю у межах базової довжини:

$$R_z = \frac{1}{5} \left(\sum_{i=1}^5 |I_{i \max}| + \sum_{i=1}^5 |H_{i \min}| \right) \quad (2.2)$$

Найбільша висота нерівностей профілю R_{max} - це відстань між лініями виступів і впадин профілю в межах базової довжини.

Середній крок нерівностей S_m - середнє арифметичне значення кроку нерівностей профілю по середній лінії в межах базової довжини:

$$S_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_i \quad (2.3)$$

де n - число кроків у межах базової довжини.

Середній крок місцевих виступів профілю S - середнє арифметичне значення кроку нерівностей профілю по вершинах у межах базової довжини:

$$S = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_i \quad (2.4)$$

Відносна опорна довжина профілю t_p - це відношення опорної довжини профілю до базової довжини:

$$t_p = \frac{1}{l} \sum_{i=1}^n b_i. \quad (2.5)$$

Величина t_p характеризує форму нерівностей профілю по рівнях перетину профілю з ряду 10; 15; 20; 30; 40; 50; 60; 70; 80; 90 %.

Шорсткість поверхні після кожного виду обробки можна встановити згідно норм економічної шорсткості поверхні (табл.2.2).

Таблиця 2.2

Шорсткість поверхні і економічна точність методів обробки

Обробка	Шорсткість поверхні, мкм	Квалітет
Чорнове точіння	$R_z 320 \dots R_z 40$	11
Чистове точіння	$R_z 20 \dots R_a 1,25$	10...9
Тонке точіння	$R_a 0,63$	8...6
Чорнове фрезерування	$R_z 80 \dots R_z 40$	13...12
Чистове фрезерування	$R_z 20 \dots R_a 2,5$	11
Тонке фрезерування	$R_a 1,25 \dots R_a 0,63$	10...9
Свердління	$R_z 80 \dots R_a 2,5$	13...11
Зенкерування	$R_z 40 \dots R_z 20$	13...11
Чорнове розвірчування	$R_z 20 \dots R_a 2,5$	10...9
Тонке розвірчування	$R_a 0,63 \dots R_a 0,32$	6...5
Протягування	$R_a 2,5 \dots R_a 0,16$	10...6
Чорнове шліфування	$R_z 40 \dots R_a 2,5$	11
Чистове шліфування	$R_a 1,25 \dots R_a 0,63$	10...9
Тонке шліфування	$R_a 0,32 \dots R_a 0,16$	10...6

Шорсткість поверхні встановлюють і розрахунком - визначенням висоти гребінців h , які залишилися після механічної обробки. Так, при точінні використовують такі формули:

рис.2.3, а
$$h = \frac{S \cdot \sin \varphi \cdot \sin \varphi_1}{\sin(\varphi + \varphi_1)} \quad (2.6)$$

рис.2.3, б
$$h = r - 0,5 \cdot \sqrt{4r^2 - S^2} \quad (2.7)$$

де: h - висота гребінців, мм; r - радіус при вершині різця, мм; s - подача, мм/об; φ - головний кут різця в плані, град; φ_1 - допоміжний кут різця у плані, град.

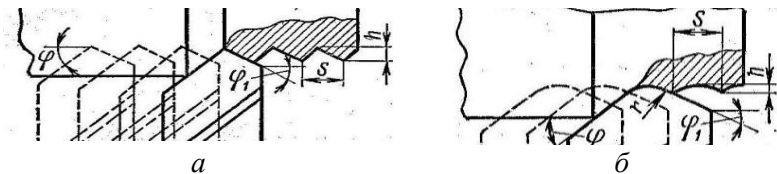


Рис.2.3. Схеми утворення шорсткості при різанні

Висоту нерівностей визначають і за профілограмою (рис. 2.4):

$$R_z = 1/5 \{ (h_1 + h_3 + h_5 + h_7 + h_9) - (h_2 + h_4 + h_6 + h_8 + h_{10}) \}, \text{ мкм}$$

де: h_1, h_3, h_5, h_7, h_9 - висота п'яти найвищих точок виступів, виміряна від лінії, паралельної середній лінії; $h_2, h_4, h_6, h_8, h_{10}$ - висота п'яти найнижчих точок впадин, виміряна від тієї ж лінії.

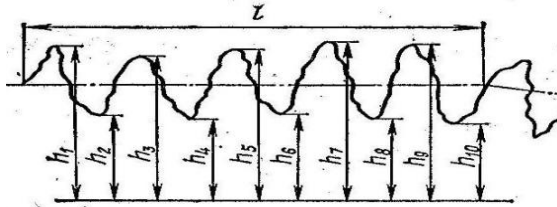


Рис.4.4. Схема реальної профілограми

Приклад 2.1. Визначте обробку зовнішньої поверхні вала для отримання шорсткості $R_a 0,63$.

Розв'язок. Відповідно табл. 2.3 задану шорсткість можна досягнути тонким точінням (8...6 квалітети) або чистовим шліфуванням (9 квалітет).

Приклад 2.2. Визначте шорсткість поверхні вала після точіння з подачею $S=0,4$ мм/об різцем з радіусом при вершині $r=1,0$ мм.

Розв'язок. Висота гребінців h , які залишилися після обробки:

$$h = r - 0,5 \cdot \sqrt{4r^2 - S^2} = 1,0 - 0,5 \sqrt{4 \cdot 1^2 - 0,4^2} = 0,02 \text{ мм}$$

Оскільки фактична висота гребінців, залежно від матеріалу, може коливатися, то можна вважати, що шорсткість поверхні у цьому випадку може бути $R_z 40 \dots R_z 20$.

Приклад 2.3. При обробці профілографи встановлено, що у межах базової довжини $l=0,25$ мм є такі величини висот, виміряні відносно лінії, паралельної середній лінії. Встановіть висоту нерівностей.

h_1	h_2	h_3	h_4	h_5	h_6	h_7	h_8	h_9	h_{10}
2,65	1,0	3,0	1,2	2,6	0,8	1,75	1,1	2,4	0,7

Розв'язок

$$R_z = 1/5 \{(h_1 + h_3 + h_5 + h_7 + h_9) - (h_2 + h_4 + h_6 + h_8 + h_{10})\} = 1/5 \{(2,65 + 3,0 + 2,6 + 1,75 + 2,4) - (1,0 + 1,2 + 0,8 + 1,1 + 0,7)\} = 1,52 \text{ мкм}$$

РОЗРАХУНОК ПРИПУСКІВ НА МЕХАНІЧНУ ОБРОБКУ

Мета заняття: навчитися обґрунтовано вибирати припуски на обробку заданих деталей, визначати виконавчі розміри заготовки.

3.1. Теоретичні відомості

Припуск - шар металу, який потрібно видалити з поверхні заготовки, щоб отримати задані властивості, розміри та конфігурацію деталі. Припуски призначають на ті поверхні, задані параметри яких не можна отримати при виготовленні заготовки.

Припуски поділяють на загальні і операційні. *Загальний припуск* (рис.3.1) - це шар металу, який видаляють при повній обробці поверхні для отримання заданих розмірів (різниця розмірів заготовки і деталі). *Операційний припуск* видаляють при виконанні однієї технологічної операції. Якщо операцію виконують за кілька переходів, то шар металу, який видаляють при виконанні одного переходу, називається *проміжним припуском*. На припуск встановлюють *допуск* - різницю між найбільшим і найменшим значеннями припуску.

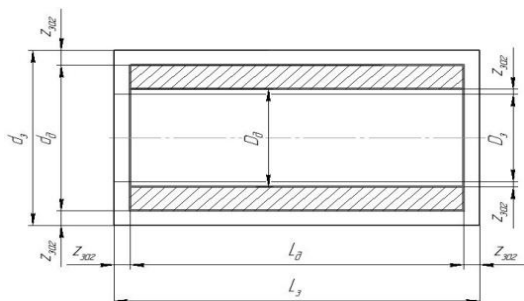
Припуски можуть бути:

- *симетричні* - при обробці поверхонь обертання і при обробці протилежних поверхонь з однаковими припусками;
- *асиметричні* - при обробці протилежних поверхонь з різними припусками.

Для розрахунку припусків використовують такі методи:

- *статистичний*, який застосовують в одиничному, іноді - серійному виробництвах. Припуски встановлюють за стандартами, укладеними на основі систематизації виробничих і експериментальних даних. Значення припусків залежать від форми та розмірів деталі, параметрів шорсткості тощо (табл. 3.1...3.4);

- *розрахунковий*, при якому найменша допустима величина конкретного операційного припуску повинна бути такою, при якій повністю будуть усунуті сліди попередньої операції (відхилення, дефектний шар) і враховані похибки встановлення заготовки. Знаючи мінімальні припуски і допуски на всі операції, визначають загальний припуск на обробку. Метод застосовують у серійному та масовому виробництвах.



$$d_3 = d_0 + 2z_{3z2}$$

$$D_3 = D_0 - 2z_{3z2}$$

$$L_3 = L_0 + z_{3z1} + z_{3z2}$$

Розміри з індексом „з” відносять до заготовки, з індексом „д” - до деталі; z - загальний припуск на сторону

Рис.3.1. Схема розрахунку припусків і граничних розмірів заготовки

Порядок розрахунку припусків:

- аналіз деталі: матеріал, його властивості, форма, габарити, маса;
- вибір порядку обробки: поділ на окремі операції та переходи;
- вибір значень припусків для обробки всіх поверхонь;
- визначення граничних розмірів вихідної заготовки.

Таблиця 3.1

Припуски на обробку зовнішніх циліндричних поверхонь

Діаметр, мм	Обробка	Припуск на діаметр при довжині, мм			Допуск, мм
		до 100	100...250	250...400	
До 6	Чорнове точіння	2,5	3,0	3,5	-
	Чистове точіння	1,0	1,1	1,1	-0,30
	Шліфування*	0,25/0,3	0,3/0,4	0,4/0,4	-0,08
6...10	Чорнове точіння	3,0	3,0	3,5	-
	Чистове точіння	1,2	1,5	1,5	-0,36
	Шліфування*	0,25/0,3	0,3/0,3	0,4/0,4	-0,10-
10...18	Чорнове точіння	3,0	3,5	3,5	-
	Чистове точіння	1,2	1,5	1,5	-0,43
	Шліфування*	0,3/0,4	0,4/0,4	0,4/0,5	-0,12
18...30	Чорнове точіння	3,5	3,5	3,5	-
	Чистове точіння	1,5	1,5	1,5	-0,52
	Шліфування*	0,3/0,4	0,4/0,4	0,4/0,5	-0,14
30...50	Чорнове точіння	4,0	4,5	4,5	-
	Чистове точіння	1,5	1,5	2,0	-0,62
	Шліфування*	0,4/0,4	0,4/0,5	0,4/0,5	-0,17
50...80	Чорнове точіння	4,0	4,5	4,5	-
	Чистове точіння	2,0	2,0	2,0	-0,74
	Шліфування*	0,4/0,4	0,4/0,4	0,5/0,5	-0,20
80...120	Чорнове точіння	5,5	6,0	7,0	-
	Чистове точіння	2,0	2,0	2,0	-0,87
	Шліфування*	0,5/0,5	0,5/0,6	0,5/0,7	-0,23
120...200	Чорнове точіння	6,0	7,0	7,5	-
	Чистове точіння	2,0	2,5	2,5	-0,90
	Шліфування*	0,5/0,5	0,6/0,7	0,6/0,8	-0,23

Таблиця 3.2

Припуски на підрізання і шліфування торців і уступів

Номинальний діаметр, мм	Припуск на діаметр при довжині, мм				
	До 18	18...50	50...120	120...260	260...500
Чистове підрізання торців і уступів					
До 30	0,4	0,5	0,7	0,8	1,0
30...50	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0
50...120	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2
Допуск на довжину, мм	-0,2	-0,3	-0,4	-0,5	-0,6
Шліфування торців					
До 30	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5
30...50	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5
50...120	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5
Допуск на довжину, мм	-0,12	-0,17	-0,23	-0,3	-0,4

Таблиця 3.3

Припуски на чистове розточування

Діаметр отвору, мм	Припуск на діаметр при довжині, мм					Допуск на діаметр, мм
	до 25	25...63	63...100	100...160	160...250	
До 10	1,0	1,1	1,0	-	-	+ 0,20
10...18	1,2	1,3	1,3	-	-	+ 0,24
18...30	1,3	1,3	1,4	1,4	-	+ 0,28
30...50	1,4	1,4	1,4	1,5	1,5	+ 0,34
50...80	1,5	1,6	1,6	1,7	1,8	+ 0,40
80...120	1,7	1,7	1,8	1,8	1,9	+ 0,46

Таблиця 3.4

Припуски і допуски на внутрішнє шліфування*

Номинальний діаметр отвору, мм	Припуск на діаметр при довжині, мм				Допуск на діаметр, мм
	до 63	63...100	100...160	160...250	
До 10	0,2/0,3	-	-	-	+0,10
10...18	0,3/0,3	0,3/0,4	-	-	+0,12
18...30	0,4/0,4	0,4/0,4	0,4/0,4	-	+0,14
30...50	0,4/0,4	0,4/0,5	0,4/0,5	0,4/0,5	+0,17
50...80	0,5/0,5	0,5/0,5	0,5/0,5	0,5/0,6	+0,20
80...120	0,5/0,5	0,5/0,6	0,5/0,6	0,5/0,6	+0,23

Примітка. * - у чисельнику для негартованих деталей, у знаменнику - для гартованих

Приклад 3.1. Вибрати припуски на обробку різанням при виготовленні пальця (рис.3.2) і розрахувати граничні розміри заготовки.

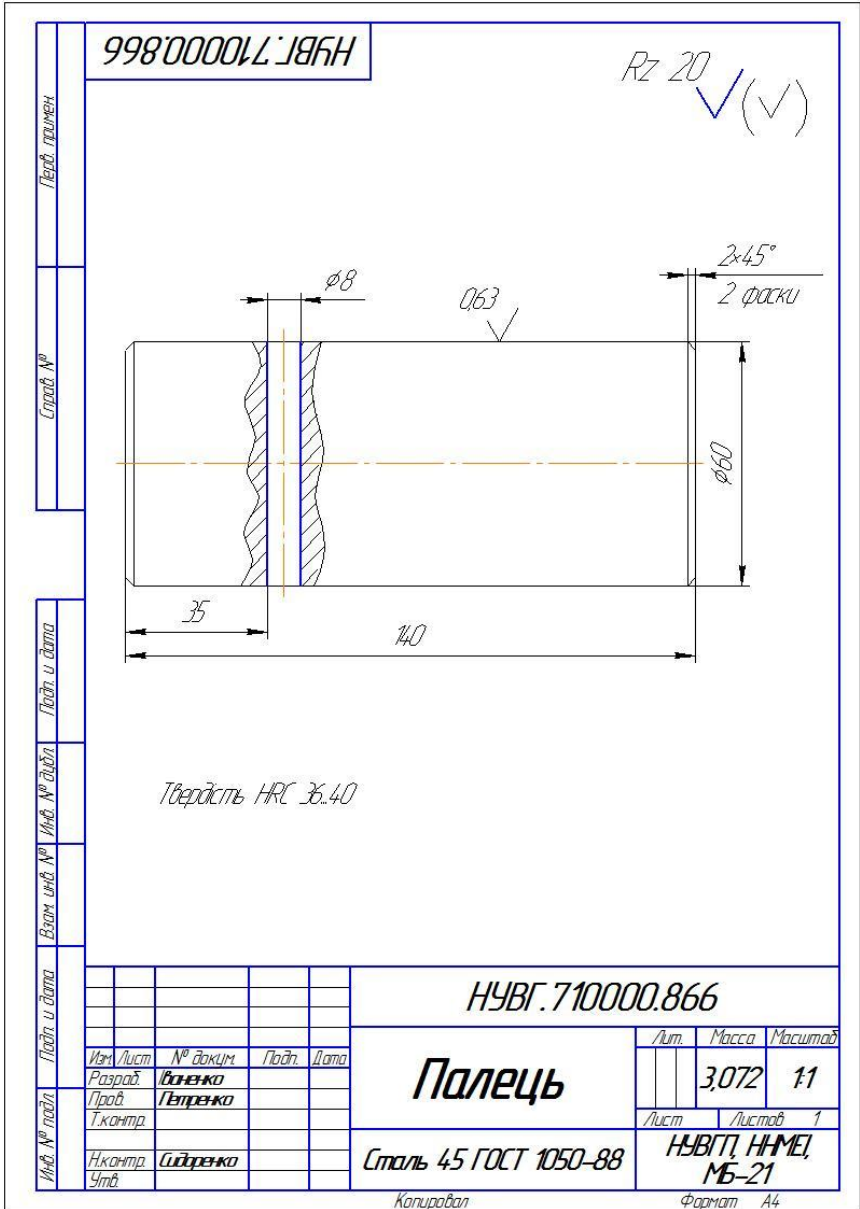


Рис. 3.2. Рабочее кресление пальца

Розв'язок

Деталь - тіло обертання з зовнішньою гладкою циліндричною поверхнею і наскрізним отвором. Порядок обробки представлено у табл.3.5.

Таблиця 3.5

Порядок обробки пальця

Характеристика поверхні	Механічна обробка
Торець правий, R_z20	Підрізання
Торець лівий, R_z20	Підрізання
Зовнішня поверхня $\varnothing 60$ мм, $R_a0,63$	Точіння чорнове, чистове, шліфування
Фаски зовнішні	Точіння
Отвір $\varnothing 8$ мм, R_z20	Свердління

Вибір припусків на обробку поверхонь:

- зовнішня поверхня $\varnothing 60$: припуск на чорнове точіння - 4,5 мм; на чистове точіння - 2,0 мм; на шліфування - 0,5 мм;

- торці: припуск на чистове підрізання торця – 1,0 мм.

Для отвору та фасок припуск не вибираємо, адже ці конструктивні елементи на граничні розміри вихідної заготовки не впливають.

Тоді граничні розміри вихідної заготовки дорівнюють:

- зовнішній діаметр $d_3 = d_0 + 2z = 60 + 4,5 + 2,0 + 0,5 = 67$ мм;

- довжина $L_3 = L_0 + 2z_{заг} = 140 + 1,0 + 1,0 = 142$ мм

Практична робота №4
КОНСТРУЮВАННЯ ЗАГОТОВОК

Мета заняття: отримати практичні навички з конструювання заготовок.

4.1. Теоретичні відомості

Заготовка – це виріб, з якого зміною форми, розмірів, якості поверхні та властивостей матеріалу отримують деталь. Виготовлення заготовок є одним з основних етапів виробництва, який безпосередньо впливає на витрату матеріалів, якість і собівартість виробів.

У машинобудуванні застосовують такі заготовки, як профілі постійного (круг, шестигранник, лист тощо) та періодичного перерізу; штучні (вливки, поковки, штамповки); комбіновані, які отримують з'єднанням окремих елементів.

Оптимальну технологічність конструкції заготовки досягають, зокрема, її максимальним спрощенням, що полегшує обробку та забезпечує достатні міцність і жорсткість. Для цього:

- конструкція заготовки має забезпечувати простоту рознімання форми чи штампа;
- поверхні, перпендикулярні до площини рознімання форми, повинні мати технологічні ухили (кувальські чи ливарні);
- товщина стінок повинна бути однаковою і з плавними переходами;
- припуски та напуски повинні бути мінімальними;
- форма деталі має забезпечувати можливість надійного її базування та закріплення на операціях механічної обробки.

Вихідними даними для конструювання заготовки є робоче креслення деталі, виробнича програма та виробничі умови.

4.1.1. Конструювання вливіків

Конструюючи вилівок, потрібно враховувати переваги і недоліки кожного з методів лиття. Так, вилівкам, які виготовляють за витоплюваними моделями, характерні мінімальні ливарні ухили, висока якість поверхонь, проте небажані внутрішні порожнини, які ускладнюють виготовлення моделей і ливарних форм.

Конструкції вливіків, виготовлених в оболонкових формах, не повинні мати складну конфігурацію форм і стержнів, та більше одні-

єї поверхні рознімання форми тощо.

Виливки, отримані литтям під тиском, повинні забезпечувати мінімальну кількість площин рознімання форми, її рівномірне заповнення рідким металом тощо.

Оптимальні значення товщин стінок виливків встановлюють залежно від призначення деталі, матеріалу, способу лиття, конфігурації, розмірів тощо. Ливарні ухили повинні забезпечувати мінімальні припуски на обробку різанням всієї поверхні, а для необроблюваних поверхонь - отримання товщин для забезпечення функціонального призначення вилівка (міцності, герметичності, естетичності тощо). Для зменшення матеріаломісткості вибирають мінімальні товщини стінок, а для забезпечення заданої міцності та жорсткості передбачають відповідну форму стінок, ребер жорсткості, виступи тощо.

Найменшу товщину стінок визначають з графічним способом (рис. 4.1) залежно від приведеного габаритного розміру N , м:

$$N = (2l + b + h) / 3 \quad (4.1)$$

де l , b і h – відповідно, довжина, ширина і висота заготовки.

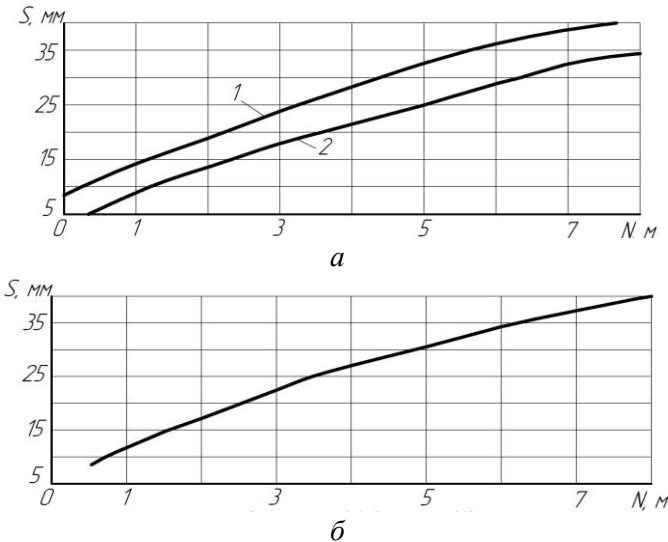


Рис. 4.1. Графіки для визначення товщини стінок виливків:
а – з чавуну та вуглецевих сталей; б – з алюмінієвих сплавів

Для сталевих та чавунних виливків при $N \geq 8$ товщину стінок приймають, відповідно, 40 і 30 мм. Для алюмінієвих сплавів з приве-

деним габаритом $N \leq 0,1$ мінімальну товщину стінок можна прийняти до 2 мм.

Товщина стінок чавунних заготовок, габаритні розміри яких менші 0,5 м, може бути прийнята 1,5...2,0 мм, сталєних – 4...5 мм. Враховуючи нижчу рідкотекучість високоміцного та модифікованого чавунів, товщину стінок литих заготовок з них необхідно збільшувати на 15-20 % в порівнянні з сірими чавунами. Товщина внутрішніх стінок: для чавунних та алюмінієвих виливків - на 10...20% менше товщини зовнішніх, для сталєних виливків – на 20...30%. Товщина стінок литих заготовок із легованих сталєй - на 20...30% менша, ніж однотипних виливків із вуглецевих сталєй.

Коли отвори та інші порожнини недоцільно отримувати литтям, призначають напуски. Використання стержнів дозволяє уникнути напусків, але ускладнює ливарну форму і збільшує вартість виливка. До напусків належать і ливарні ухили, які дозволяють безперешкодно виймати моделі та виливки з форм.

Мінімальні діаметри отворів, які виготовляють литтям, залежать від розмірів і маси виливка, товщини стінки, матеріалу тощо:

$$d_{min} = d_0 + 0,1s \quad (4.2)$$

де d_0 – вихідний діаметр, s – товщина стінки.

Для мідних сплавів $d_0=5$ мм; для чавунів і алюмінієвих сплавів - $d_0=7$ мм; для сталєй - $d_0=10$ мм.

Якщо вказаний на кресленні розмір отвору менший, ніж розрахунковий, отвір литтям не виготовляють.

Значну увагу приділяють розміщенню виливків у ливарних формах. Відповідальні елементи виливка розміщують у нижній частині форми, а потовщені - у верхній частині чи збоку. Виливок і ливникову систему розташовують у формі так, щоб забезпечити її заповнення рідким металом з належною швидкістю і без руйнування.

Вибравши спосіб виготовлення виливка, площини рознімання форми, конструкцію і кількість стержнів, призначають припуски на всі поверхні, які обробляють різанням, ухили та радіуси заокруглень. Після цього визначають остаточну форму виливка і його розміри, шорсткість поверхонь і технічні вимоги до нього.

4.1.2. Конструювання штамповок

Конструювання заготовок, виготовлених куванням чи штампуванням, передбачає вибір способу її отримання, розташування в

штампи, врахування обсягу подальшої обробки тощо. При цьому враховують технологічні можливості методу виготовлення.

Конструкція штамповки залежить від її розташування в штампі та взаємного розміщення її основних поверхонь відносно площини рознімання штампа. Умовами вибору площини рознімання є:

- добре заповнення форми металом у процесі деформування;
- бажаний напрям волокон у структурі металу;
- мінімальна кількість технологічних переходів тощо.

Вибираючи різні площини рознімання штампа, отримуємо штамповки різної форми (рис.4.2).

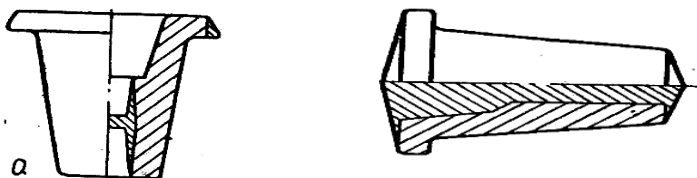


Рис. 4.2. Вплив поверхні рознімання штампа на форму поковок

У кожному конкретному випадку задовольняють основні вимоги, нехтуючи другорядними. Остаточний вибір способу виготовлення штамповки виконують порівнянням можливих альтернативних варіантів разом з техніко-економічними розрахунками. Але є і загальні рекомендації для найбільш поширених штамповок.

Штамповки шестерень, шківів, кришок, втулок тощо виконують здебільшого з площиною рознімання штампа, перпендикулярною до осі їх обертання. Заготовки валів, осей, важелів, тяг тощо мають площини рознімання штампів, розташовані вздовж осі обертання. При наявності у деталях центральних наскрізних отворів у штамповках передбачають намітки для отворів з одного чи обох боків, які полегшують виготовлення отворів і покращують якість поковок.

При конструюванні штамповки її технологічність забезпечують:

- максимальним спрощенням її конфігурації;
- вибором оптимального способу обробки металу тиском для виготовлення заготовки;
- отриманням максимальної кількості поверхонь, які не потребують подальшої механічної обробки.

При наявності у деталі отвору проєктують намітку (рис.4.3).

Якщо наскрізний отвір при штампуванні отримати неможливо, то застосовують намітку з тонкою перемичкою (рис. 4.3, а). Мінімальний отвір, який при гарячому штампуванні не виконують – 30 мм.

При штампуванні заготовок великої висоти обмежуються отриманням лише глухих наміток (рис.4.3, б).

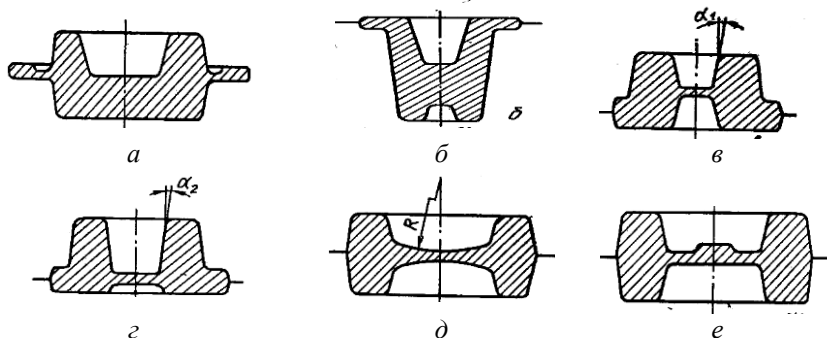


Рис.4.3. Типи поковок з намітками

Наскрізні отвори обов'язкові, якщо діаметр отвору більший чи дорівнює висоті заготовки. Можливі варіанти розміщення поверхні рознімання штампа і перемички зображені на рис.4.3, в - е. Її згодом видаляють - при обрізанні задирок. Залежно від форми і розмірів отвору розрізняють намітки з плоскою перемичкою, з розкосом, з магазином і глухі.

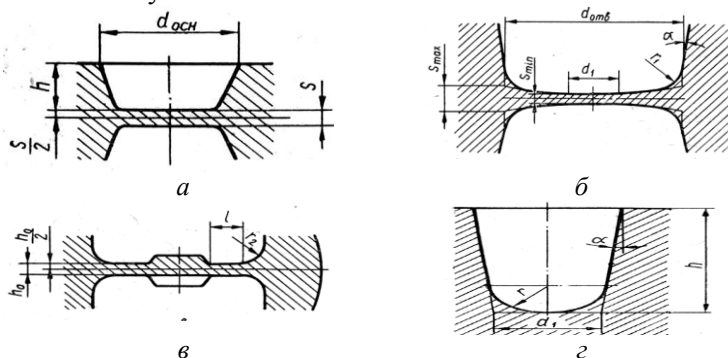


Рис.4.4. Перемички у намітках отворів: а – плоска; б – з розкосом; в – з магазином; г – глуха

Плоску перемичку (рис.4.4, а) отримують у невеликих отворах з діаметром основи:

$$d_{осн.min} = 24 + 0,0625D_n \quad (4.3)$$

де D_n - найбільший діаметр поковки, мм.

Намітку верхнім знаком виконують глибиною $h < d_{осн}$, а нижнім - глибиною $h < 0,8d_{осн}$. **Товщина намітки:**

$$\dots \dots \dots (4.4)$$

При $h/d_{омв} < 0,4$ замість плоских наміток виконують намітку з розкосом (рис.4.4, б), при цьому $s_{min} = 0,65 S$, $s_{max} = 1,35 S$. Намітки з магазином (рис.4.4, в) застосовують для отворів з $d_{омв} > 55$ мм при наявності попереднього струмка, який формує намітку з розкосом.

Якщо $h > 1,7d_{очв}$ чи після призначення радіуса заокруглення плоскої ділянки нема, то обмежуються глухою наміткою (рис.4.4, г) з радіусом заокруглення:

$$r = d_{очв} / 2 \operatorname{tg} (45^\circ - \alpha/2) \quad (4.5)$$

Для двосторонньої намітки зміщують поверхню внутрішнього рознімання, а з ним - і перемичку по відношенню до поверхні зовнішнього рознімання (рис. 6.4).

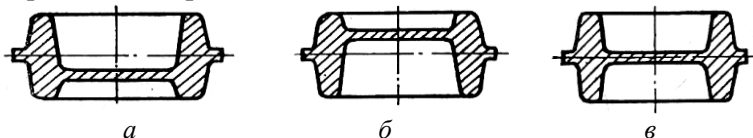


Рис.4.4. Рекомендований (а), можливий (б) і небажаний (в) варіанти перемички

Отже, загальні рекомендації для конструювання штамповок такі:

- площину рознімання в штампі вибирають, виходячи з умов мінімальної висоти його порожнини і зручності виймання штамповки;
- поверхні штамповки, перпендикулярні до площини рознімання штампа, повинні мати ухили (зовнішні - менші, внутрішні - більші);
- спряження поверхонь штамповки виконують плавними;
- дно штампа, матриці та пуансона роблять конічним.

Креслення заготовки виконують на основі креслення деталі. Воно повинно містити достатню кількість видів, перетинів, розмірів і їх відхилень, допустимих відхилень форми; заокруглень, шорсткості поверхонь; технічні вимоги до заготовок (термічна обробка, твердість, вимоги до форми, розмірів тощо). Контури поверхонь, які обробляють різанням, вказують суцільними тонкими лініями без нанесення розмірів.

На рис. 4.5 представлено робоче креслення заготовки пальця (приклад 4.1) - прокат круглий, розрізаний на штучні заготовки.

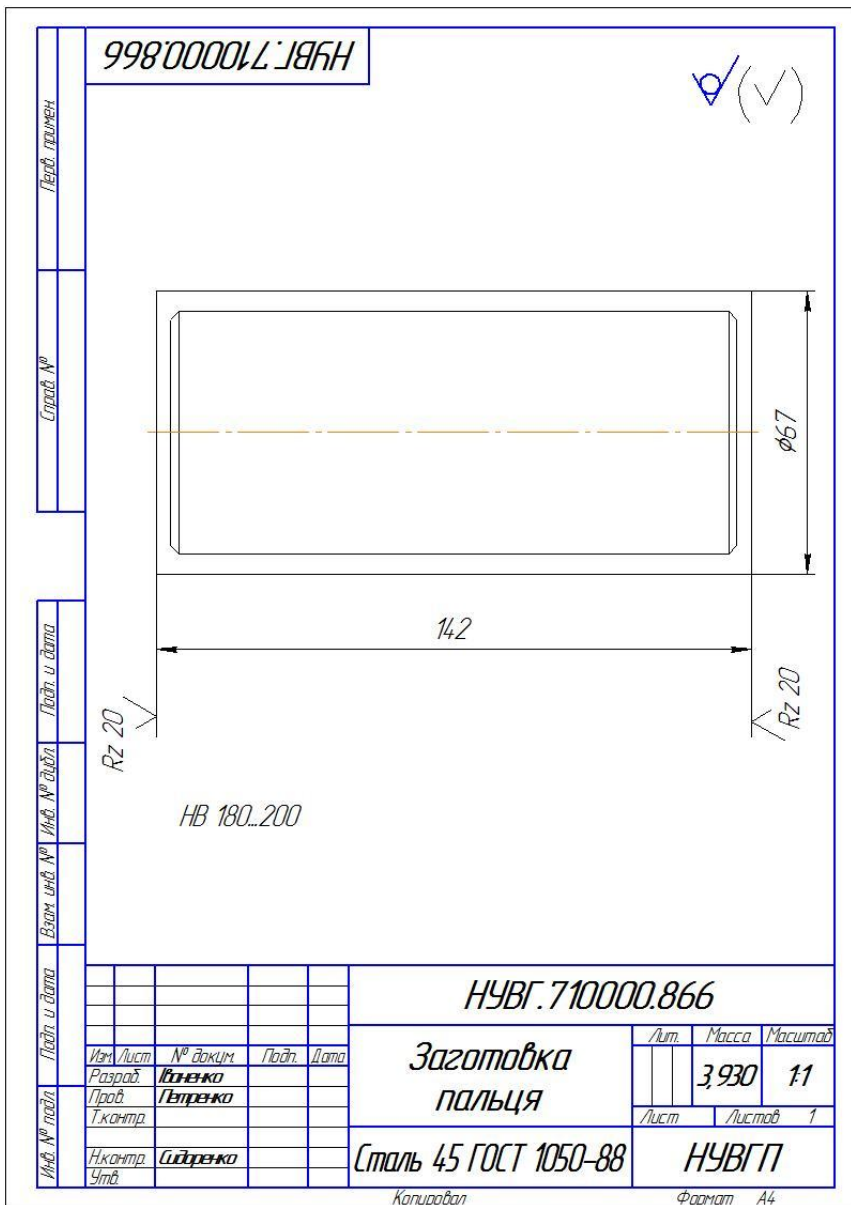


Рис. 4.5. Рабочее кресление заготовки пальца

Практична робота №5
**ПРОЕКТУВАННЯ МАРШРУТНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ
МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ**

Мета заняття: навчитися проектувати маршрутну технологію обробки для заданих деталей і умов виробництва.

5.1. Теоретичні відомості

Розробка технологічного процесу в загальному випадку включає комплекс взаємозв'язаних робіт:

- вибір технологічних баз;
- визначення послідовності та змісту технологічних операцій;
- вибір засобів технологічного оснащення;
- призначення та розрахунок режимів обробки;
- технічне нормування процесу;
- оформлення технологічної документації.

Для досягнення оптимального технологічного процесу розробляють кілька варіантів, різних за структурою операцій.

Основою проектування маршрутної технології є *план обробки* - послідовність операцій для досягнення заданих робочим кресленням всіх параметрів деталі при мінімальній собівартості та максимальній продуктивності процесу.

Основою плану обробки є вибір технологічних баз. На початку обробляють поверхні, які будуть прийняті за технологічні бази для подальшої обробки. Вони повинні забезпечувати рівномірне видалення металу і точне взаємне розташування всіх поверхонь. Як правило, на першій операції за базу приймають поверхню з найменшим припуском - щоб при подальшій обробці не виникло браку через замалий припуск. На наступних операціях технологічними базами є найбільш точні поверхні. За потреби на заготовках створюють штучні технологічні бази - центрувальні гнізда, спеціальні отвори тощо.

Наступним етапом є встановлення обробки основних поверхонь (перелік технологічних переходів), необхідних для досягнення заданих точності і шорсткості поверхонь. Кінцеву обробку поверхні підказує робоче креслення: останньою операцією є обробка поверхонь, до точності і якості яких ставлять найвищі вимоги.

Визначивши перший і кінцевий технологічний переходи, призначають проміжні переходи. При цьому потрібно враховувати взає-

мозв'язок точності обробки різними методами. Так, перед шліфуванням потрібно виконати чистове точіння.

План обробки оформляють у вигляді переліку операцій, їх опису та операційних ескізів. Заготовку зображають зі збереженням пропорцій відповідно до положення при виконанні даної операції. Поверхні, які обробляють, позначають лініями подвійної товщини.

Надалі уточнюють склад технологічних операцій і технологічних переходів, вибирають технологічне оснащення. При складанні маршрутної технології потрібно узгодити механічну обробку з термічною. Перед механічною обробкою здійснюють попередню термічну обробку (відпалювання чи нормалізацію) заготовок, яка поліпшує оброблюваність сталей і зменшує залишкові напруги. Після чоргової обробки виконують проміжну термообробку, наприклад, нормалізацію - для кращої обробки. Кінцеву термічну обробку (гартування, відпускання тощо) здійснюють, як правило, перед шліфуванням.

Верстати, пристрої, різальні та вимірювальні інструменти вибирають з врахуванням їх характеристик і поширеності.

Технологічний маршрут оформляють у вигляді переліку всіх операцій і відповідного устаткування на маршрутних картах. Технологічні операції нумерують трьохзначним числом (005, 010...).

Маршрутна карти (форма 1 - перший аркуш, 1б - наступні) містить опис технологічного процесу виготовлення виробу по всіх операціях у технологічній послідовності, з вказанням даних з устаткування, матеріалів, трудових і інших нормативів. Форми МК уніфіковані - їх застосовують незалежно від типу виробництва. Для опису техпроцесу інформацію вносять кількома типами рядків. Кожному типу рядка відповідає свій службовий символ, який виражає склад інформації, розміщеної у відповідній графі (табл.5.1).

Таблиця 5.1

Позначення службових символів

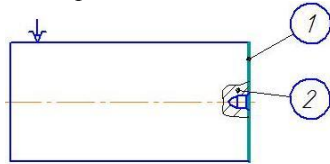
Символ	Зміст інформації у відповідних графах
А	Номер цеху, дільниці, робочого місця, на якому виконують операцію, код і найменування операції, позначення документів, які використовують при виконанні операції
Б	Код, найменування устаткування і інформація з витрат праці
К	Інформація про комплектацію виробу складовими частинами
М	Інформація про основний матеріал
О	Зміст технологічної операції (технологічного переходу)

Р	Інформація про технологічні режими
Т	Інформація про технологічне спорядження, яке застосовують при виконанні технологічної операції

Приклад 5.1. Використовуючи результати попередніх прикладів (3.1 і 4.1), розробити план обробки виготовлення пальця.

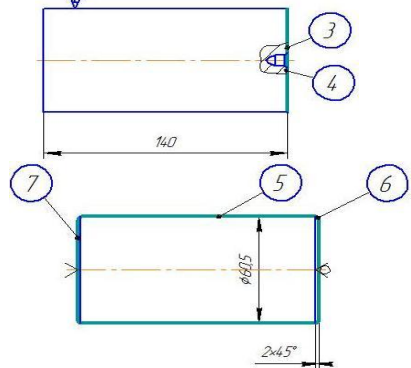
А. Операція токарно-звинторізна

1. Підрізати торець 1
Різець підрізний
2. Свердлити центрувальне гніздо 2
Свердло центрувальне



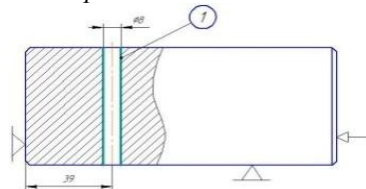
Переустановити заготовку

3. Підрізати торець 3
Різець підрізний
4. Свердлити центрувальне гніздо 4
Свердло центрувальне
5. Точити поверхню 5
Різець прохідний
6. Точити фаску 6
Різець прохідний
7. Точити фаску 7
Різець прохідний лівий



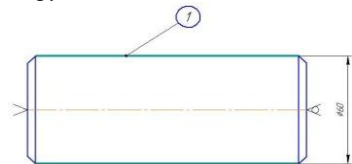
Б. Операція – вертикально-свердлильна

1. Свердлити отвір 1
Свердло спіральне



В. Операція - круглошліфувальна

1. Шліфувати поверхню 1
Круг абразивний



Для всіх технологічних операцій та відповідного устаткування стандартами встановлено умовні позначення – коди (табл. 5.2).

Таблиця 5.2.

Коди операцій і технологічного устаткування (вибірково)

	Код операції	Код устаткування
Безцентрово-шліфувальна	4134	381314
Вертикально-розточувальна	4222	381262
Вертикально-свердлильна	4121	381213
Вертикально-фрезерна	4261	381611
Внутрішньо шліфувальна	4132	381312
Горизонтально-розточувальна	4221	381261
Горизонтально-свердлильна	4122	381829
Горизонтально-фрезерна	4268	381621
Зубодовбальна	4152	381571
Зубофрезерна	4153	381572
Зубошевінгувальна	4157	381574
Зубошліфувальна	4151	381562
Координатно-розточувальна	4223	381263
Круглошліфувальна	4131	481311
Плоскошліфувальна	4133	381313
Радіально-свердлильна	4123	381217
Різьбонарізна	7272	381743
Стругальна	4170	381701
Термічна	5000	
Токарно-гвинторізна	4114	381143
Токарно-револьверна	4111	381131

Таблиця 5.4.

Типові інструкції з охорони праці (вибірково)

Інструкція	Вид роботи чи категорія працівників
45-78	Для термістів, які працюють на шахтній печі
54-78	Для виконання транспортувальних операцій
63-78	На токарних верстатах
65-78	На токарних напівавтоматах і автоматах
66-78	На токарно-револьверних верстатах
67-78	На фрезерувальних верстатах
68-78	На розточувальних верстатах
71-78	На стругальних верстатах
75-78	На свердлильних верстатах
76-78	На шліфувальних верстатах

Таблиця 5.3.

Коди загальних видів заготовок в машинобудуванні (вибірково)

Вид заготовки	Код
Сталь сортова конструкційна	09501X
Сталь сортова вуглецева	09503X
Сталь сортова легована	09504X
Виливки з сірого чавуну	41112X
Виливки з легованого чавуну	41114X
Виливки з вуглецевої сталі	41121X
Виливки з легованої сталі	41123X
Штамповки з чорних металів	41211X
Поковки і прокат чорних металів	41212X

При розробці маршруту обробки використовують технологічний класифікатор об'єктів виробництва, класифікатор технологічних операцій, стандарти ЄСТД, типові технологічні процеси, інструкції з охорони праці для відповідних робіт або категорій працівників, інші види техніко-економічної інформації.

На рис. 5.1 представлена маршрутна карта технологічного процесу виготовлення пальця.

РОЗРОБКА ОПЕРАЦІЙНИХ КАРТ І КАРТ ЕСКІЗІВ

Мета заняття: вивчення методики проектування технологічних операцій (операційної карти) і карти ескізів, отримати практичні навички з оформлення технологічної документації.

6.1. Теоретичні відомості

На основі маршрутної технології розробляють *операційні технології* - визначають структуру і склад всіх операцій. При цьому виконують такі роботи.

1. *Вибір оптимальної структури технологічних операцій* - кількість і чергування установів, переходів, робочих ходів. Така структура забезпечує найвищу продуктивність при мінімальній собівартості. Тому при формуванні операції розглядають різні схеми операцій, які відрізняються:

- числом одночасно встановлених заготовок – одномісні і багатомісні схеми;
- числом інструментів, які беруть участь в обробці - одноінструментна і багатоінструментна;
- способом дії інструменту - послідовним, паралельним, змішаним.

Схема побудови операції залежить від програми випуску і розмірів деталі. Так, в одиничному виробництві раціональною є одноінструментна послідовна обробка.

2. *Вибір технологічного устаткування* здійснюють на основі технологічних переходів обробки окремих поверхонь деталі. Верстати вибирають з врахуванням вимог, які потрібно забезпечити при виконанні операції. Для цього використовують паспорти верстатів, у яких наведені технічні характеристики.

При виборі верстата враховують такі фактори:

- розміри робочої зони верстата;
- можливість досягнення заданої точності розмірів і шорсткості;
- відповідність параметрів верстата заданим режимам обробки;
- забезпечення заданої продуктивності обробки;
- відповідність устаткування вимогам охорони праці;
- наявність вибраних верстатів або можливість їх придбання.

Верстат буде економічно доцільним при коефіцієнті його завантаженні: 0,65...0,77 - масове виробництво, 0,75...0,85 - серійне, 0,8...0,9 - малосерійне і одиничне.

3. *Вибір технологічного спорядження (пристроїв, різальних і вимірювальних інструментів)* здійснюють разом з вибором устаткування. При цьому потрібно враховувати тип виробництва, вид виробу і програму його випуску, характер технології обробки, можливість максимального застосування стандартного спорядження.

Операційні карти (ОК) оформляють згідно форм 1 (перший аркуш) і 1б (наступні). ОК містять опис операції технологічного процесу виробу з розчленуванням операцій по переходах, з вказанням режимів роботи, розрахункових норм і трудових нормативів. Принцип заповнення ОК аналогічний заповненню МК і з використанням таких же символів. Технологічні режими (символ Р) вказують після запису технологічного спорядження (символ Т), яке застосовують на даному технологічному переході.

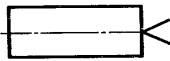
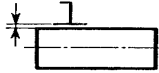
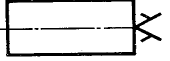
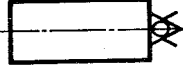
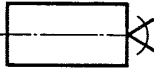
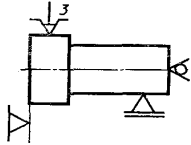
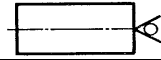
У зміст технологічного переходу (позначають арабськими цифрами - 1, 2, 3...) потрібно включати:

- ключове слово, яке характеризує метод обробки, виражене дієсловом неозначеної форми (точити, свердлити, фрезерувати тощо);
- найменування поверхні чи конструктивних елементів (отвір, фаска, торець тощо), які обробляють;
- інформацію про розміри чи їхні умовні позначення;
- додаткову інформацію, яка може характеризувати кількість одночасно чи послідовно оброблюваних поверхонь тощо.

Карти ескізів (КЕ), які служать для графічної ілюстрації технологічного процесу механічної обробки, оформляють згідно форм 7 (перший аркуш) і 7б (наступні). Операційні ескізи виконують із збереженням пропорцій креслярськими інструментами відповідно до робочого положення при виконанні даної операції (переходу). Ескізи повинні містити всі необхідні для даної обробки розміри, граничні відхилення, позначення шорсткості, баз, затискних елементів пристроїв. Поверхні, які обробляють, зображають лініями подвійної товщини. Розміри вказують лише ті, які повинні бути досягнуті при виконання вказаної операції (переходу). При потребі вказують положення різального інструменту - в кінці робочого ходу чи відведеним від заготовки (якщо його зображення ускладнює ескіз).

Таблиця 6.1

Приклади нанесення позначень кріплення на схемах (вибірково)

Кріплення	Позначення	Кріплення	Позначення
У нерухомому гладкому центрі		У повідковому патроні	
У рифленому центрі		У зворотному обертовому центрі з рифленою поверхнею	
У плаваючому центрі		У 3-кулачковому патроні з упором в торець і підтриманні обертовим центром та рухо- мим люнетом	
У центрі, що обертається			

Практична робота №7
ВИЗНАЧЕННЯ НОРМ ВИТРАТ МАТЕРІАЛУ

Мета роботи: навчитися обґрунтовано вибирати вид заготовки, визначати норму витрати матеріалу для неї і її вартість.

7.1. Теоретичні відомості

Правильний вибір заготовки має значний вплив на якість деталі техніко-економічні показники технологічного процесу. Часто для виготовлення деталей постійного чи близького до постійного перерізу використовують сортовий прокат, порізаний на штучні заготовки чи у вигляді прутків певної довжини.

Одними з техніко-економічних показників, прийнятих при проектуванні технологічного процесу, є вартість вихідної заготовки і коефіцієнт використання матеріалу.

Порядок техніко-економічних розрахунків:

а) *аналіз вихідних даних*, при якому потрібно звернути увагу на матеріал деталі, пов'язати його технологічні властивості з технічними вимогами до деталі, її формою, габаритами і масою тощо.

б) *обґрунтування вибору вихідної заготовки*, яке супроводжують описом способу виготовлення і рисунком.

в) *визначення розмірів вихідної заготовки з допусками* (див. практичну роботу №4). Отриманий діаметр прокату корегують за сортаментом і призначають допуски на діаметр прокату (рис. 7.1).

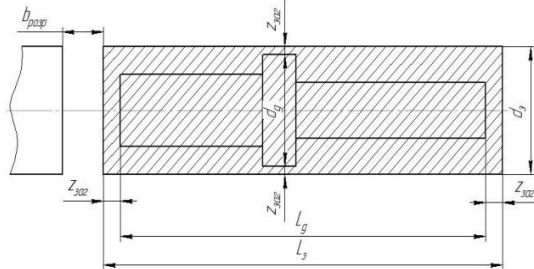


Рис. 7.1. Схема для розрахунку норми витрат матеріалу

Довжина заготовки для однієї деталі:

$$L_{\text{зат}} = L_3 + b_{\text{розр}} \quad (7.1)$$

де: L_0 і L_3 - довжина деталі та заготовки; $b_{\text{розр}}$ - ширина розрізу;

г) *розрахунок норми витрати матеріалу:*

- втрати на затискання заготовки в патроні $l_{\text{зат}}$;

- число деталей, які виготовляють з одного прутка довжиною L_{np} :

$$n_{дорозр} = (L_{np} - L_{зам}) / L_{злиті} \quad (7.2)$$

Для подальших розрахунків приймають ціле число n_{δ} ;

- залишок прутка внаслідок неkratності довжини прутка довжині заготовки однієї деталі

$$L_{зал} = L_{np} - L_{зам} - (L_{злиті} n_{\delta}) \quad (7.3)$$

- маса прокату, який використовують для виготовлення однієї деталі, кг:

$$M_{злиті} = 0,001 M_{нм} L_{злиті} \quad (7.4)$$

де $M_{нм}$ – маса погонного метра прокату;

- коефіцієнт використання металу при механічній обробці:

$$КВМ = M_{\delta} / M_{злиті} \quad (7.5)$$

- норма витрати матеріалу на виготовлення однієї деталі

$$H_{випр} = M_{np} / n_{\delta} = 0,001 M_{np} L_{np} / n_{\delta} \quad (7.6)$$

де M_{np} - маса прутка;

- загальний коефіцієнт використання металу з урахуванням усіх втрат при механічній обробці

$$КВМ = M_{\delta} n_{\delta} / M_{np} \quad (7.7)$$

д) визначення вартості заготовки для однієї деталі здійснюють за діючими прейскурантами цін на метал. Так, вартість вихідної заготовки з прокату становить:

$$C_{злиті} = C_{кг} H_{випр}, \quad (7.8)$$

де $C_{кг}$ - ціна 1 кг прокату вихідної заготовки, $H_{випр}$ - норма витрати матеріалу на одну деталь з урахуванням усіх втрат.

Вартість штампованої заготовки визначають за прейскурантами з урахуванням марки сталі, групі складності, маси, точності штампування і додаткової обробки (наприклад, термічної).

Приклад. Вибрати заготовку для виготовлення пальця та визначити її техніко-економічні параметри.

1. Вибираємо припуски на обробку та визначаємо розміри вихідної заготовки. Для цього використовуємо результати прикладу 5.1: діаметр $d_3 = 67$ мм; довжина $L_3 = 142$ мм.

2. Вибираємо розмір вихідної заготовки корегуванням за сортаментом розрахункового діаметра (d_{max}). Приймаємо $d = 67$ мм, допустимі відхилення вихідної заготовки: $es = +0,1$ мм, $es = -0,9$ мм.

Виконуємо ескіз частини прутка з контурами деталі (рис. 7.2).

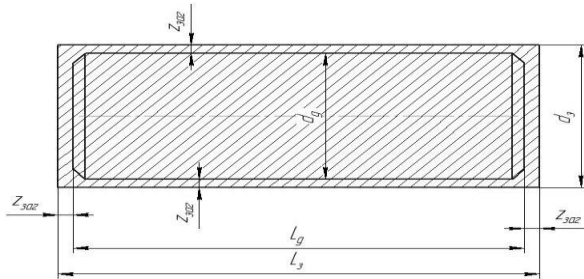


Рис. 7.2. Ескіз заготовки пальця

Довжина заготовки для однієї деталі:

$$L_{зит} = L_3 + b_{розр} = 142 + 3 = 145 \text{ мм}$$

де: $b_{розр} = 3 \text{ мм}$ - ширина розрізу, мм.

3. Розраховуємо норми витрати матеріалу:

- величина втрат на затискання заготовки в патроні $l_{зат} = 100 \text{ мм}$;

- число деталей, які виготовляють з одного прутка

$$n_{дорозр} = (L_{пр} - L_{зат}) / L_{зит} = (5000 - 100) / 145 = 33,8$$

де $L_{пр} = 5000 \text{ мм}$ - довжина прутка. Приймаємо $n_0 = 33$.

- залишок прутка внаслідок некратності довжини прутка довжині заготовки однієї деталі:

$$L_{зал} = L_{пр} - L_{зат} - (L_{зит} n_0) = 5000 - 100 - (145 \cdot 33) = 115 \text{ мм}$$

- маса прокату, який використовують для виготовлення однієї деталі:

$$M_{зит} = 0,001 M_{нм} L_{зит} = 0,001 \cdot 27,68 \cdot 145 = 4,014 \text{ кг,}$$

де $M_{нм} = 27,68 \text{ кг}$ - маса погонного метра;

- коефіцієнт використання металу заготовки при обробці:

$$КВМ = M_0 / M_{зит} = 3,1 / 4,014 = 0,77$$

- норма витрати матеріалу на виготовлення однієї деталі:

$$H_{випр} = 0,01 M_{пр} L_{пр} / n_0 = (0,001 \cdot 27,68 \cdot 5000) / 33 = 4,194 \text{ кг}$$

- загальний коефіцієнт використання металу:

$$КВМ = M_0 n_0 / (0,001 M_{пр} L_{пр}) = (3,1 \cdot 33) / (0,001 \cdot 27,68 \cdot 5000) = 0,79$$

ПРОЕКТУВАННЯ ТОКАРНО-РЕВОЛЬВЕРНОЇ ОПЕРАЦІЇ

Мета роботи: навчитися розробляти токарно-револьверну операцію для обробки заготовки з оформленням технологічної документації – карти налагодження верстата для виготовлення деталі.

8.1. Теоретичні відомості

Токарно-револьверні верстати призначені для виготовлення деталей з прутка і штучних заготовок в умовах серійного і масового виробництва. Особливістю верстатів є наявність револьверної головки, у гніздах якої можна встановити різці, свердла, розвертки й інші інструменти. При повороті головки навколо своєї осі інструменти послідовно підводяться до заготовки. Інструменти закріплюють і у різцетримачі поперечного супорта.

Всі револьверні верстати поділяють на верстати з вертикальною і горизонтальною осями обертання револьверної головки (рис. 8.1).

У металообробці широко використовують токарно-револьверні верстати з револьверною головкою, яка має горизонтальну вісь обертання. Вона має поздовжню подачу і може повертатися навколо своєї осі, тим самим здійснюючи поперечну (кругову) подачу. У головці є 16 гнізд для встановлення інструментів.

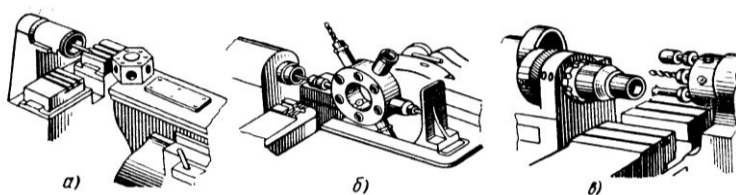


Рис.8.1. Револьверні головки з осями обертання: а – вертикальною; б – горизонтальною (перпендикулярно осі верстата); в - горизонтальною (паралельно осі верстата)

На верстаті виконують точіння зовнішніх і внутрішніх циліндричних поверхонь, точіння зовнішніх і внутрішніх канавок, свердління, зенкерування, розвірчування отворів, нарізування різьб плашками, мітчиками, різьбонарізними головками і за допомогою різьбонарізного пристрою, точіння (з використанням копіювального пристрою) конічних поверхонь.

Для закріплення заготовок служать трьохкулачковий патрон чи

універсальні цанга. Для затискання круглого і шестигранного матеріалу різних розмірів застосовують змінні вкладиші.

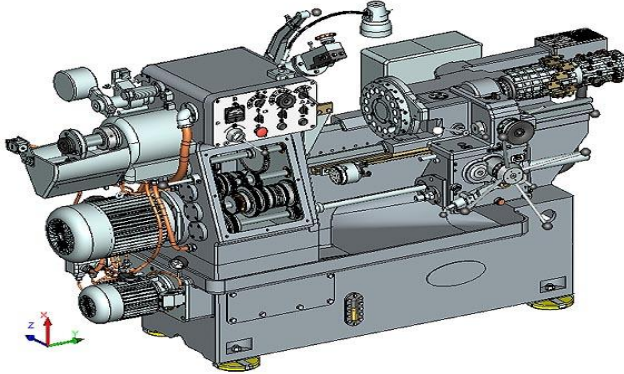


Рис. 8.2. Токарно-револьверний верстат з горизонтальною віссю обертання (паралельно осі верстата)

Перемикання частоти обертання шпинделя і швидкості подачі при зміні позицій револьверної головки здійснюється від командоапарата електромагнітними муфтами коробок швидкостей і подач.

8.1.1.Проектування токарно-револьверної операції

Для ефективного використання токарно-револьверних верстатів при проектуванні операцій потрібно розробляти схеми налагоджень з максимальним поєднанням переходів, концентрації обробки з одного установа й інших продуктивних способів обробки.

1. *Аналіз вихідних даних:* за операційним ескізом на кожен поверхню, яку обробляють, встановлюють зміст і обсяг операції. На основі цього приймають рішення про раціональну вихідну заготовку (якщо її не зазначено у вихідних даних) або підтверджують правильність її вибору (якщо вид зазначений);

2. *Розробка операції,* яка складається з запису змісту операції по переходах і позиціях в операційній карті. При цьому встановлюють можливості поєднання переходів і роботи супортів, розраховують проміжні розміри заготовки та величини ходу інструментів, вибирають технологічне оснащення;

3. *Вибір токарно-револьверного верстата* за довідниками. Визначають основні параметри, особливості конструкції, можливість автоматизації і механізації;

4. *Призначення режимів різання і розрахунок норми часу* на елементи операції - за нормативами чи розрахунком. При поєднанні пе-

реходів, які виконують револьверною головкою, потрібно щоб частота обертання шпинделя і поздовжня подача револьверної головки були однакові для переходів, які поєднують. При використанні командоапаратів частоти обертання шпинделя та подачі для всіх технологічних переходів потрібно вибирати з одного діапазону - верхнього чи нижнього. Елементи часу на переходи, що перекриваються, включають з норми часу.

5. *Складання схеми налагодження верстата.* Ескіз повинен містити позначення технологічних баз, опор, розмірів з допусками і параметрів шорсткості – відповідно вимог нормативних документів.

Приклад. Запроектувати токарно-револьверну операцію обробки втулки (рис. 8.1) і виконати налагодження токарно-револьверного верстата для здійснення операції.

1. *Аналізуємо вихідні дані.* Деталь представляє собою тіло обертання із зовнішньою гладкою циліндричною поверхнею без пазів, лисок і граней, з центральним наскрізним ступінчастим отвором з різьбою. Матеріал - сталь вуглецева автоматна А12.

За вихідну заготовку приймаємо сортову калібровану сталь, виготовлену холодним прокатуванням. Вона має точні розміри діаметру (по $h8...h9$), тому зовнішня поверхня втулки не потребує обробки.

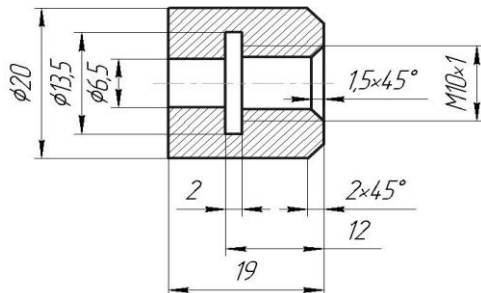


Рис. 10.2. Втулка

Доцільність револьверної обробки деталі підтверджується таким:

- деталь виготовляють з прутка;
- деталь можна обробити послідовно кількома інструментами;
- виробництво - серійне.

2. *Розробляємо операцію,* яка включає один установ і кілька переходів (табл. 8.1). При цьому керуємося такими рекомендаціями:

- обробку починати з підрізання торця;

- у торці перед свердлінням потрібно виготовити центрувальне гніздо;
- починати свердлити ступінчастий отвір свердлом більшого діаметру (це продуктивніше і дає точніший результат);
- бажано поєднувати переходи (для підвищення продуктивності);
- у місці відрізання заготовки для полегшення відрізання потрібно виконати свердління.

Таблиця 8.1

Перехід	Зміст переходу
	Подати пруток до упора і закріпити
1	Підрізати торець, витримуючи розмір 25 мм від торця цанги
2	Свердлити центрувальне гніздо \varnothing 6
3	Свердлити отвір \varnothing 8 мм витримуючи розмір 10 мм
4	Свердлити отвір \varnothing 6,5 мм, витримуючи розмір 21 мм
5	Зенкерувати отвір \varnothing 8,95, витримуючи розмір 12 мм
6	Розточити канавку шириною 2 мм до діаметра \varnothing 13,5 мм
7	Зенкерувати фаску в $1,5 \times 45^\circ$ мм
8	Точити фаску $2 \times 45^\circ$ мм
9	Нарізати різьбу M10-1
10	Відрізати деталь, витримавши розмір 19 мм

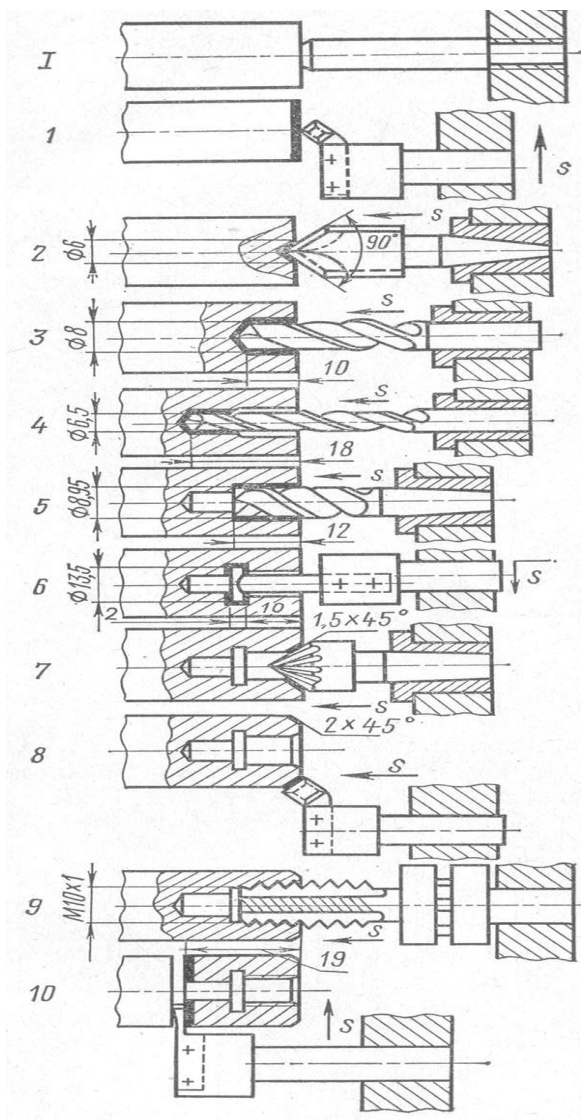


Рис. 8.3. Схема налагодження верстата для виготовлення втулки