

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ

Кафедра технології машинобудування

Технологія виготовлення деталей класу
«Порожністі циліндри» (втулки)

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичних занять та виконання індивідуальних завдань з
дисциплін

“Технологія обробки типових деталей та складання машин” та
“Технологія машинобудування”

Тернопіль
2019

Укладачі:

Паливода Ю. Є., канд. техн. наук, професор;

Дячун А. Є., канд. техн. наук, доцент.

Рецензенти:

Шанайда В. В., канд. техн. наук, доцент.

Методичний посібник розглянуто й затверджено на засіданні методичного семінару кафедри технології машинобудування Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.
Протокол № 8 від 23 квітня 2019 р.

Схвалено та рекомендовано до друку на засіданні методичної ради факультету по інженерії машин, споруд та технологій Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.
Протокол № 7 від 25 квітня 2019 р.

Технології виготовлення деталей класу «Порожністі циліндри» (втулки) :
Т-38 Методичні вказівки до практичних занять та виконання індивідуальних завдань з дисциплін «Технологія обробки типових деталей та складання машин» та «Технологія машинобудування» / Укладачі: Паливода Ю. Є, Дячун А. Є. – Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. – 56 с.

УДК 621.01+621.85

Методичні вказівки до практичних занять та виконання індивідуальних завдань з дисциплін «Технологія обробки типових деталей та складання машин» та «Технологія машинобудування».

В даних методичних вказівках приведені загальні характеристики втулок, як представників класу деталей «Порожністі циліндри.» Сформульовані технологічні вимоги до них, розглянуті типові методи оброблення, наведені приклади типових технологічних процесів виготовлення втулок.

У даній роботі викладені вказівки щодо призначення режимів оброблення та розрахунку машинного (технологічного) часу на оброблення внутрішніх поверхонь отворів малого і великого діаметрів, а також приведені довідкові матеріали з вибору припусків на оброблення цих поверхонь.

Методичні вказівки призначені для студентів спеціальностей: 131 «Прикладна механіка» і 133 «Галузеве машинобудування».

Відповідальна за випуск: *канд. техн. наук, професор Паливода Ю. Є.*

© Паливода Ю. Є., Дячун А. Є., 2019

© Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019

ВСТУП

Методичні вказівки написані відповідно до робочих програм з курсів «Технологія обробки типових деталей та складання машин» для студентів спеціальності 131 “Прикладна механіка” і “Технологія машинобудування” спеціальності 133 “Галузеве машинобудування”.

Для засвоєння зазначених дисциплін студентами потрібно набути практичного досвіду у визначенні раціональних параметрів оброблення типових деталей машин та навиків теоретичного розрахунку основного (технологічного) часу для різних видів оброблення на металорізальних верстатах.

Крім того, студентами необхідно навчитися розробляти схеми оброблення деталей на різних металорізальних верстатах з визначенням способу базування деталей і довжини шляху ходу інструменту чи деталі при обробленні, а також розробляти технологічну документацію на оброблення внутрішніх поверхонь малого та великого діаметру деталей «Втулок».

ЗМІСТ

1. Загальні відомості та особливості оброблення деталей класу «Порожністі циліндри».....	5
2. Характеристика втулок.....	5
3. Метод оброблення внутрішніх циліндричних поверхонь.....	8
Рекомендації для виконання індивідуальних завдань.....	35
4.1 Призначення режимів оброблення отворів малого діаметру в деталях класу «Порожністі циліндри».....	35
4.1.1 Оброблення свердлінням та розсвердлюванням.....	35
4.1.2 Оброблення зенкеруванням.....	39
4.1.3. Оброблення розвертуванням.....	41
4.2. Призначення режимів оброблення деталі класу «Порожністі циліндри» з великим отвором.....	42
4.2.1. Оброблення розточуванням.....	45
4.2.2. Оброблення внутрішнім шліфуванням.....	45
5. Індивідуальні завдання і методичні вказівки до їх виконання.....	46
5.1. Алгоритм розроблення технології виготовлення деталі класу «Порожністі циліндри» малого діаметру.....	47
.2. Алгоритм розроблення технології виготовлення деталі класу «Порожністі циліндри» великого діаметру.....	49
ДОДАТОК А. Вихідні дані для виконання індивідуального завдання щодо розроблення технології виготовлення отворів малого діаметр.....	51
ДОДАТОК Б. Вихідні дані для виконання індивідуального завдання щодо розроблення технології виготовлення отворів великого діаметру.....	52
ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА.....	53
ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ.....	54

1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ТА ОСОБЛИВОСТІ БРОБЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ КЛАСУ «ПОРОЖНИСТІ ЦИЛІНДРИ»

До деталей класу «Порожністі циліндри» відносять: втулки, гільзи, стакани, вкладиші, поршні та інші деталі, тобто деталі, утворені зовнішніми і внутрішніми поверхнями обертання, що мають загальну прямолінійну вісь [1, 2].

Отвори у таких деталях можуть бути циліндричні ступінчасті, конічні та фасонні. Оброблення отворів виконують на свердлильних, токарних, розточних, шліфувальних, хонінгувальних та протяжних верстатах.

Технологія виготовлення деталі класу «Порожністі циліндри» залежить від діаметру оброблюваного отвору, необхідної точності оброблення та шорсткості поверхні деталі.

2. ХАРАКТЕРИСТИКА ВТУЛОК

Деякі основні види втулок, представлені на рис. 1, служать як опори обертових валів. Найчастіше застосовують втулки з відношенням $L/D > 3$ [2].

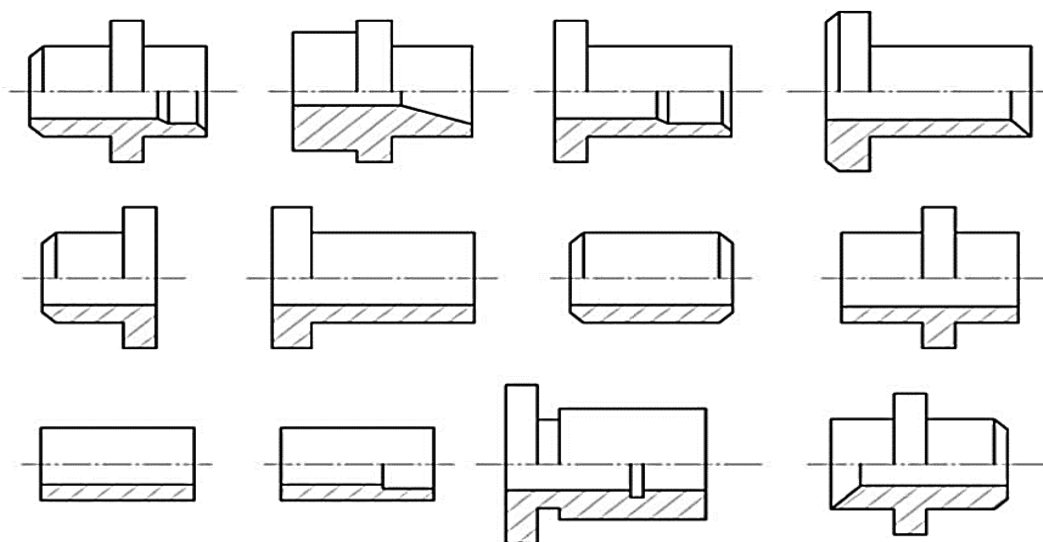


Рисунок 1. – Види втулок

Технологічні вимоги

Основним технологічним завданням є забезпечення концентричності зовнішніх поверхонь з отвором і перпендикулярності торців до осі отвору.

Точність розмірів

Діаметри зовнішніх поверхонь виконують по *h6, h7*; отвори по *H7*, рідше по *H8*, для відповідальних з'єднань – по *H6*.

Точність форми

У більшості випадків особливі вимоги до точності форми поверхонь не висуваються, тобто похибка форми не повинна перевищувати певної частини поля допуску на розмір.

Точність взаємного розташування

Концентричність зовнішніх поверхонь відносно внутрішніх поверхонь 0,015...0,075 мм.

Різностінність не більше 0,03...0,15 мм.

Перпендикулярність торцевих поверхонь до осі отвору – 0,2 мм на радіусі 100 мм; при осьовому навантаженні на торці, відхилення від перпендикулярності не повинні перевищувати 0,02...0,03 мм.

Якість поверхневого шару

Шорсткість внутрішніх і зовнішніх поверхонь обертання повинна бути в межах 1,6...3,2 мкм *Ra*; торців – 1,6... 6,3 мкм *Ra*, а при осьовому навантаженні – 1,6...3,2 мкм *Ra*.

Для збільшення терміну служби, твердість робочих поверхонь втулок доводять до 40...60 *HRC*.

Матеріалами для втулок служать: сталь, латунь, бронза, сірий, ковкий, антифрикційний чавун, спеціальні сплави, металокераміка і пластмаси.

Заготовками для втулок з діаметром отвору до 20 мм служать калібровані або гарячекатані прутки, а також литі стрижні.

При діаметрі отвору більше 20 мм застосовуються суцільнотягнуті труби або порожнисті заготовки, відлиті в піщані або металеві форми. Використовують також відцентрове литво та литво під тиском.

Заготовкою для даної деталі може служити штамповка, отримана на горизонтально-кувальній машині.

Завдання забезпечення концентричності зовнішніх поверхонь відносно отвору і перпендикулярності торцевих поверхонь до осі отвору може бути вирішене наступними способами оброблення:

- зовнішніх поверхонь, отворів і торців за один установ;
- всіх поверхонь за два установи або за дві операції з базуванням при остаточному обробленні по зовнішній поверхні (оброблення від вала);
- всіх поверхонь за два установи або за дві операції з базуванням при остаточному обробленню зовнішньої поверхні по отвору (обробка від отвору).

При обробленні за один установ рекомендується такий технологічний маршрут оброблення втулки:

1. – підрізання торця в прутка, подача прутка до упору, центрування торця під свердління, свердління отвору і проточування зовнішньої поверхні; розточування або зенкерування отвору і проточування зовнішньої поверхні зі зняттям фасок на вільному торці; попереднє розвертування; остаточне розвертування; відрізування.

Ця перша операція виконується на токарно-револьверному верстаті, одношпindelному або багатшпindelному токарному автоматі;

2. – зняття фасок з протилежного торця втулки на вертикально-свердлильному або токарному верстаті;

3. – свердління отворів для змащування;

4. – нарізання мастильних канавок на спеціальному верстаті.

При обробленні втулки з труби замість свердління застосовують зенкерування або розточування отвору, далі технологічний маршрут зберігається.

При обробленні втулки з базуванням по внутрішній поверхні рекомендується такий технологічний маршрут оброблення втулки:

1. – зенкерування отвору втулки і зняття фаски в отворі на вертикально-свердлильному верстаті (технологічна база – зовнішня поверхня);

2. – протягування отвору на горизонтально-протяжному верстаті зі сферичною самоустановлювальною шайбою, яку застосовують в зв'язку з тим, що торець не оброблений;

3. – попереднє проточування зовнішньої поверхні (залежно від точності заготовки), підрізання торців і зняття зовнішніх (а часто і внутрішніх фасок на токарному багаторізцевому напівавтоматі). Базування здійснюється по внутрішній поверхні на розтискну оправку;

4. – чистове проточування зовнішньої поверхні; чистове підрізання торця.

При виборі методу базування слід віддавати перевагу базуванню по отвору, який має ряд переваг:

1. – при обробленні на жорсткій або розтискній оправці похибка установки відсутня або значно менша, ніж при обробленні в патроні з кріпленням заготовки по зовнішній поверхні;
2. – центрувальний пристрій простіший, точніший і дешевший ніж патрон;
3. – при використанні оправки може бути досягнута висока ступінь концентрації оброблення.

3. МЕТОДИ ОБРОБЛЕННЯ ВНУТРІШНІХ ЦИЛІНДРИЧНИХ ПОВЕРХОНЬ

Види і методи оброблення внутрішніх циліндричних поверхонь, досяжна точність і параметр шорсткості поверхонь основними методами наведені в табл. 1 [2].

Таблиця 1 – Шорсткість поверхні і квалітети точності при лезовому обробленні внутрішніх циліндричних поверхонь

Метод оброблення	Свердління	Зенкерування			Розвертування			Розточування			Протягування	
		чорнове	однократне	чистове	нормальне	точне	тонке	чорнове	чистове	тонке	чорнове	чистове
Квалітет точності	9-13	12-13	11-13	8-10	10-11	7-9	5-6	11-13	8-10	5-7	10-11	6-9
Шорсткість поверхонь Ra , мкм	1,6-25	6,3-25	6,3-25	0,8-6,3	0,8-12,5	0,4-6,3	0,1-3,2	1,6-25	0,4-6,3	0,2-3,2	0,8-12,5	0,2-6,3

Отвори в заготівельних цехах отримують досить просто, починаючи з діаметра 25 – 40 мм.

Оброблення отворів в деталях різних типів проводиться шляхом свердління, зенкерування, фрезерування на верстатах з ЧПК, розточуванням різцями, розвертанням, шліфуванням (внутрішнім), протягуванням,

хонінгуванням, розкатуванням кульками і роликками, продавлюванням, притиранням, поліруванням, суперфінішуванням.

Оброблення отворів зі зняттям стружки виконується лезовими і абразивними інструментами.

До способів лезового оброблення відноситься свердління, зенкерування, розвертування, розточування та протягування. Різучими інструментами при свердлінні є свердла (рис. 2).

Різновиди і характеристики цих інструментів наведено в довідниках [3, 4].

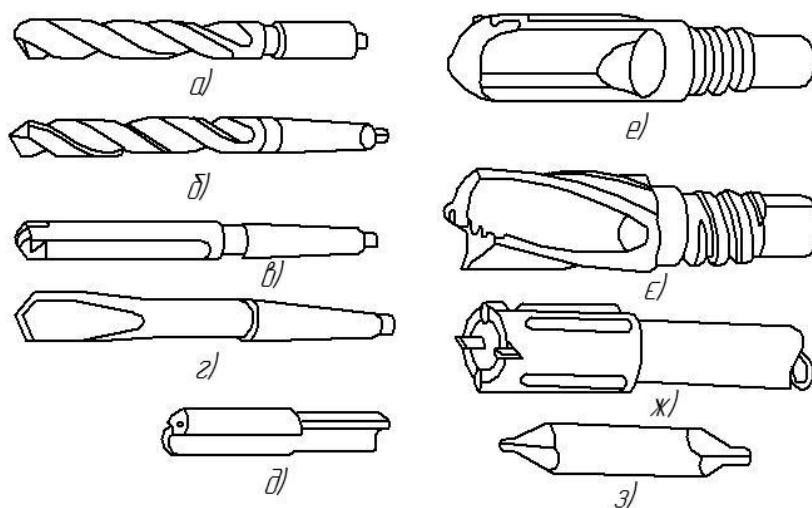


Рисунок 2. – Види свердел:

a, б – спіральні; *в* – з прямими канавками; *г* – перове; *д* – рушничне;
e – однокромкове; *e1* – двокромкове; *ж* – для кільцевого свердління;
з – центрувальне

Оброблення отворів лезовим інструментом проводять на верстатах наступних груп: свердлильної (вертикально-свердлильні (рис. 3), радіально-свердлильні); розточної (горизонтально-розточні, горизонтальні і вертикальні викінчувально-розточні, координатно-розточні); протяжної групи (горизонтальні і вертикальні напівавтомати), як звичайного виконання, так і з ЧПК.

Крім того, отвори обробляються практично на всіх верстатах, напівавтоматах та автоматах токарної групи.

Свердління. Свердлінням отримують отвори в суцільному матеріалі. Для неглибоких отворів застосовуються стандартні свердла діаметром 0,30 – 80 мм.

Найбільшого поширення набули спіральні свердла (рис. 2, а, б).

Існують два методи свердління:

1. – обертається свердло (верстати свердлильно-розточувальних груп);

2). – обертається заготовка (верстати токарної групи).

Оброблення отворів діаметром до 25 – 40 мм здійснюють спіральними свердлами за один перехід, а при обробленні отворів великих діаметрів (до 80 мм) – за два і більше переходів свердлінням і розсвердлюванням або іншими методами.

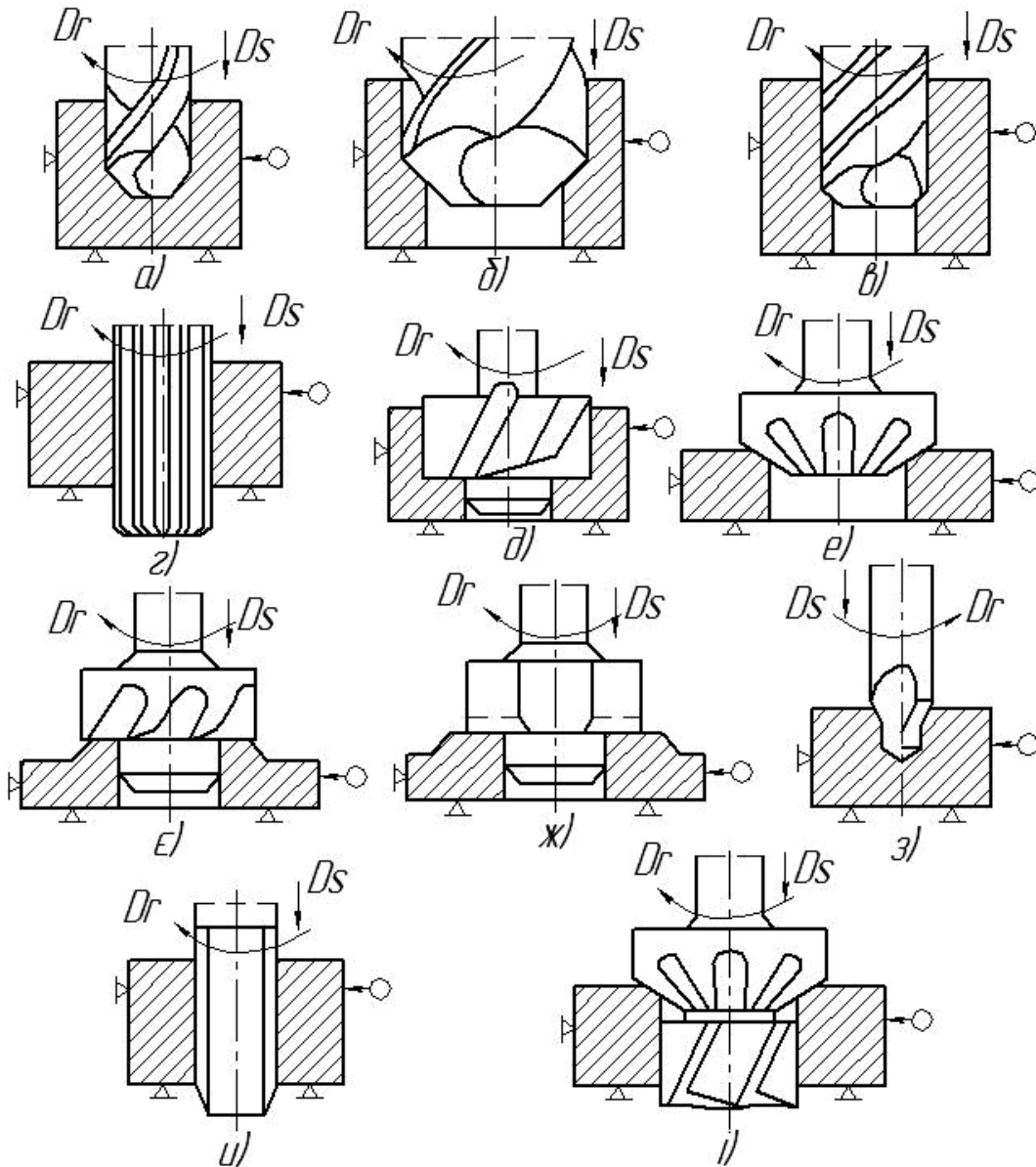


Рисунок 3 – Схеми оброблення отворів на свердлильних верстатах:
а – свердління; б – розсвердлювання; в – зенкерування; г – розвертування;
д, е – зенкування; ж, з – цекування; и – оброблення центрувальним свердлом;
и – нарізування різі; i – нарізування складних отворів; D_r – рух різання;
 D_s – рух подачі.

Для свердління отворів діаметром понад 80 мм застосовують свердла кільцевого свердління (рис. 2, ж) або свердлильні головки спеціальних конструкцій.

Свердла кільцевого свердління представляють собою порожнисту головку, в корпус якої вставляються різці та направляючі шпонки. Ці свердла вирізують у суцільному металі циліндричну поверхню, яка є відходом і може бути використана як заготовка для виготовлення інших деталей (рис. 4).

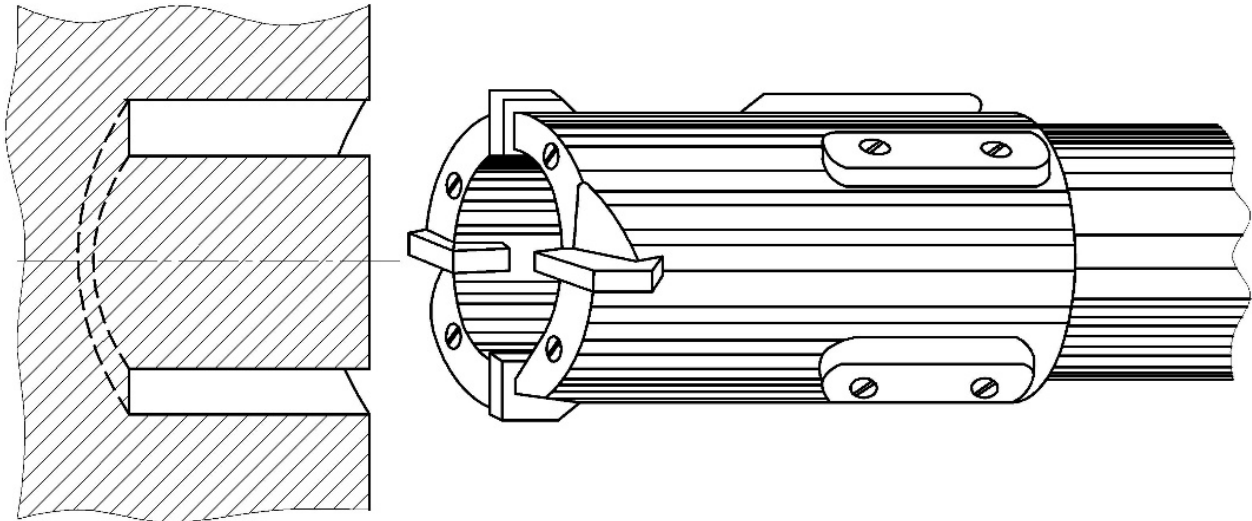


Рисунок 4. – Схема оброблення свердлом для кільцевого свердління

При обробленні глибоких отворів ($L/D > 10$) важко забезпечити спрямованість вісі отвору відносно її внутрішньої циліндричної поверхні. Чим більша довжина отвору, тим більше відведення інструмента.

Для зменшення відведення свердла чи викривлення осі отвору застосовуються такі заходи:

1. застосування малих подач, ретельне заточування свердла;
2. застосування попереднього засвердлювання (центрування);
3. свердління з напрямленням спірального свердла за допомогою кондукторної втулки (рис. 5);

4. свердління з обертанням заготовки при не рухомому або обертовому свердлі. Це найрадикальніший спосіб усунення відведення свердла, оскільки створюються умови для самоцентрування свердла;

5. свердління спеціальними свердлами при обертій або нерухомій заготовці.

На рис. 5 показано послідовне оброблення отвору в суцільному матеріалі на вертикально-свердильному верстаті із застосуванням направляючих втулок кондуктора.

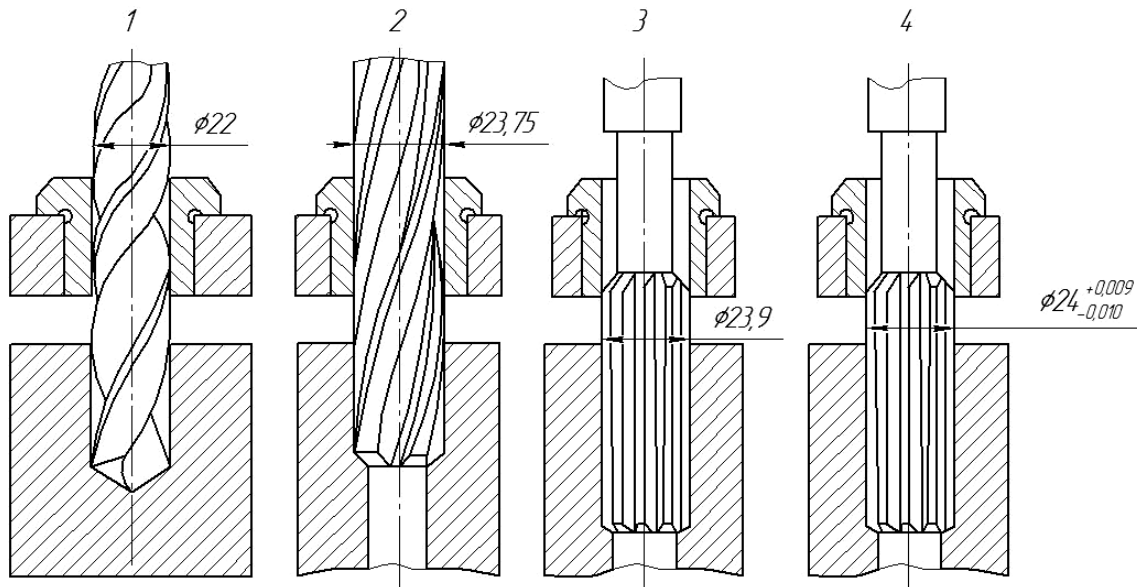


Рисунок 5. – Послідовність обробки отворів у суцільному матеріалі з використанням направляючих втулок кондуктора

До спеціальних свердл відносяться:

– напівкруглі – різновид рушничних свердл одностороннього різання, які застосовуються для оброблення заготовок з матеріалів, що дають крихку стружку (латунь, бронза, чавун);

– рушничні – одностороннього різання із зовнішнім відведенням мастильно-охолоджуючої рідини (МОР) і внутрішнім відведенням (ежекторні) з пластинами з твердого сплаву (припаяними або такими, що не переточуються з механічним кріпленням), призначені для високопродуктивного свердління;

– кільцеві свердла (рис. 4) для свердління отворів діаметром 80 мм і більше, довжиною до 50 мм.

Зенкерування. Зенкерування отворів – попереду оброблення литих, штампованих або просвердлених отворів під подальше розвертування, розточування або протягування. При обробленні отворів по 13 – 11- му квалітету зенкерування може бути остаточною операцією. Зенкуванням обробляють

циліндричні заглиблення (під головки гвинтів, гнізд під клапани, тощо), торцеві та інші поверхні (рис. 3).

Ріжучим інструментом при зенкеруванні є зенкер. Зенкери виготовляють суцільними з кількістю зубів 3 – 8 і більше, діаметром 3 – 40 мм; насадними діаметром 32 – 100 мм і збірними з регульованим діаметром 40 – 120 мм (рис. 6).

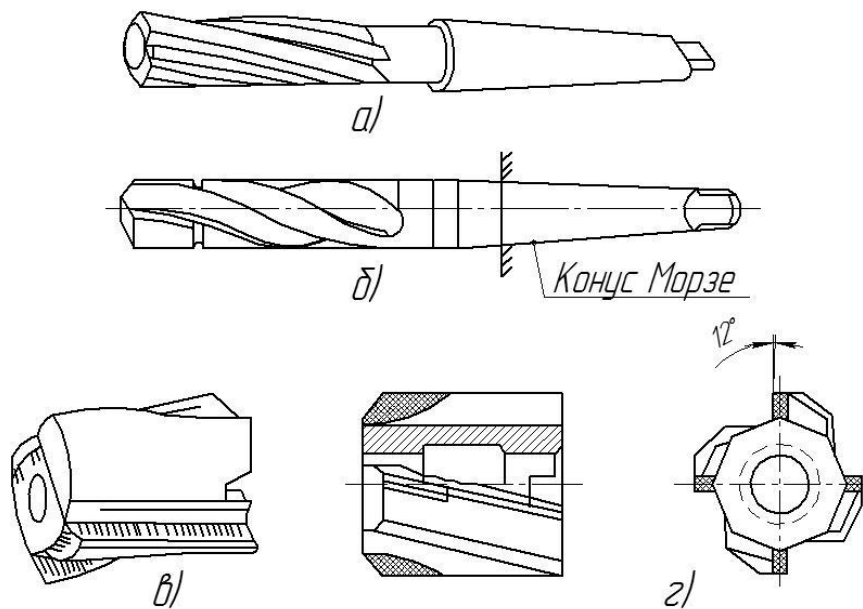


Рисунок 6. – Види зенкерів:

a – спіральний; *б* – спіральний з пластинками з твердого сплаву; *в* – насадний; *г* – насадний з пластинами із твердого сплаву

Зенкерування є продуктивним методом: підвищує точність попередньо оброблених отворів, частково виправляє викривлення осі після свердління.

Для підвищення точності оброблення використовують пристосування з кондукторними втулками (рис. 5).

Зенкером обробляють наскрізні й глухі отвори. Зенкери виправляють, але не усувають повністю викривлення осі отвору, досягаючи шорсткість 12,5 – 6,3 мкм *Ra*.

Розвертування. Розвертування отворів – чистове оброблення отворів з точністю до 7 -го квалітету. Розвертуванням обробляють отвори тих же діаметрів, що і при зенкеруванні. Розвертки розраховані на зняття малого припуску. Вони відрізняються від зенкерів великою кількістю (6 – 14) зубів.

Розвертуванням досягається висока точність діаметральних розмірів і форми, а також мала шорсткість поверхні.

Слід зазначити, що оброблений отвір виходить дещо більшого діаметру, ніж діаметр самої розвертки. Таке розбивання може складати 0,005 – 0,08 мм.

Для отримання отворів 7-го квалітету застосовують дворазове розвертування; 6-го – триразове. Під остаточне розвертування залишають припуск розміром 0,05 мм і менше.

Для розверток з твердих сплавів рекомендуються такі режими:

– для чавуну – $v=7...20$ м/хв; $s=2...7$ мм/об; $t=0,15$ мм, в якості мастильно-охолоджуючої рідини використовується гас (досягається точність розмірів *IT6*; шорсткість 1,6 мкм *Ra*);

– для сталі – $v=4...10$ м/хв; $s=2...4$ мм/об; $t=0,1...0,15$ мм (при використанні мастильно-охолоджуючої рідини за точністю досягаються ті ж результати, що і при обробленні чавунних заготовок).

Для підвищення продуктивності праці при обробленні отворів в крупносерійному і масовому виробництві широко застосовують комбіновані ріжучі інструменти (рис. 7; 8; 9), які дозволяють виконувати послідовно за один прохід чорнове і чистове оброблення поверхні або суміщати кілька видів оброблення (наприклад, свердління, зенкерування, розвертування, підрізання торця), або обробляти кілька поверхонь.

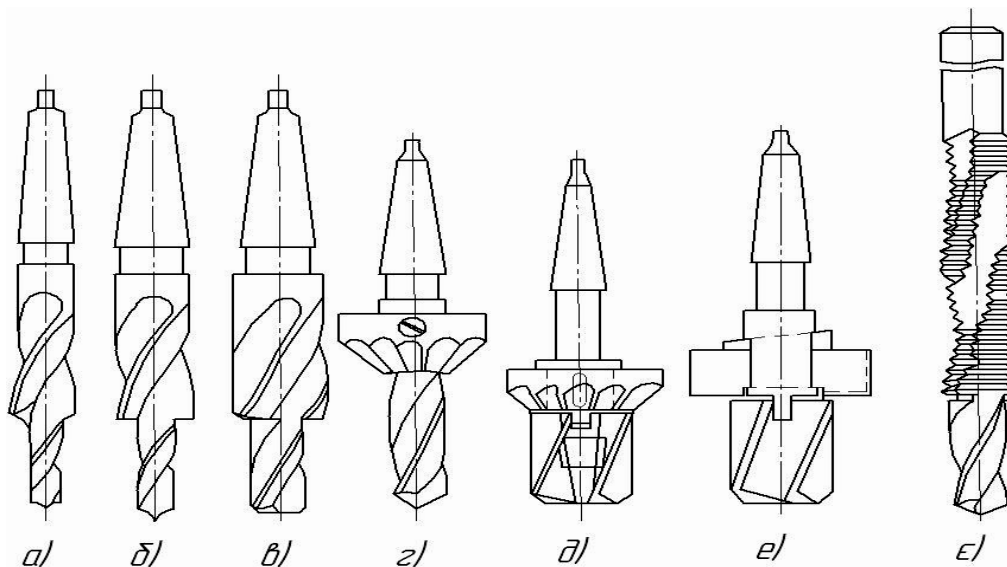


Рисунок 7. – Комбіновані інструменти:

a – ступінчасте свердло; *б* – свердло-зенкер; *в* – ступінчастий зенкер;
г – свердло-зенківка; *д* – зенкер-зенківка; *е* – зенкер-цековка;
є – свердло-мітчик

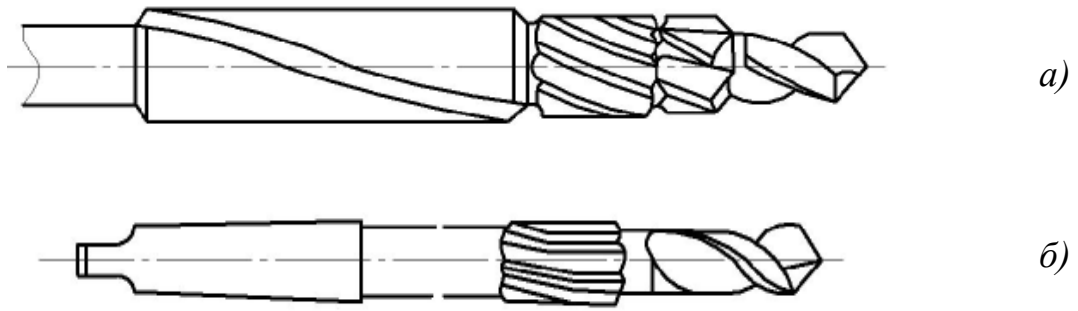


Рисунок 8. – Комбінований інструмент для обробки отворів:
a – свердло-зенкер-розвертка; *б* – свердло-розвертка

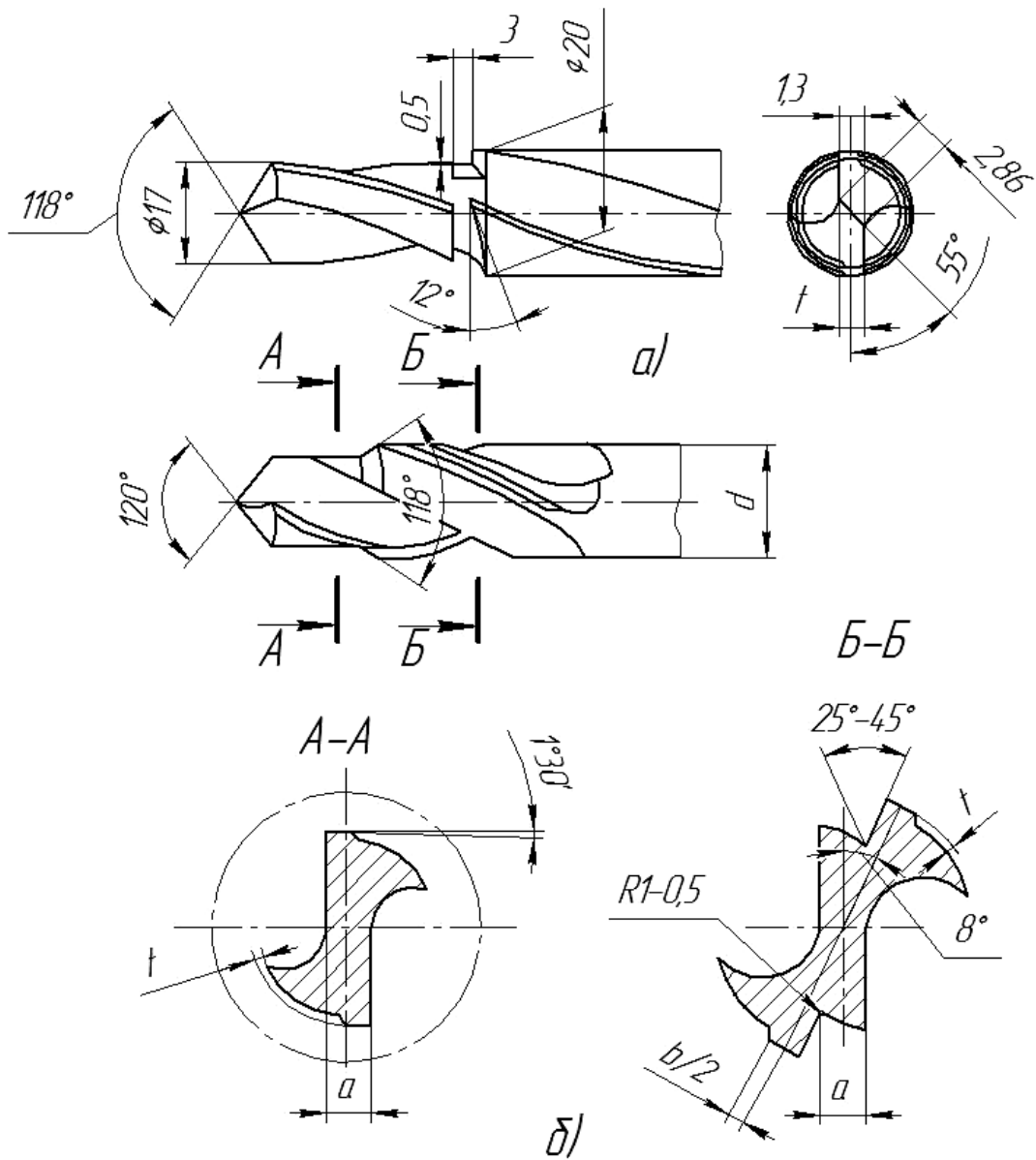


Рисунок 9. – Конструкції комбінованих свердл, які використовуються при малих перепадах діаметрів

Розточування. Розточування основних отворів, що визначають конструкцію деталі, проводять на горизонтально-розточних, координатно-розточних, радіально-свердлильних, карусельних і агрегатних верстатах, оброблювальних центрах, а також в деяких випадках на токарних верстатах.

Існують два основних способи розточування:

- розточування, при якому обертається заготовка (на верстатах токарної групи);
- розточування, при якому обертається інструмент (на верстатах розточної групи).

Типовими для токарних верстатів операціями є розточування одного отвору і розточування співвісних отворів різцем (рис. 10).

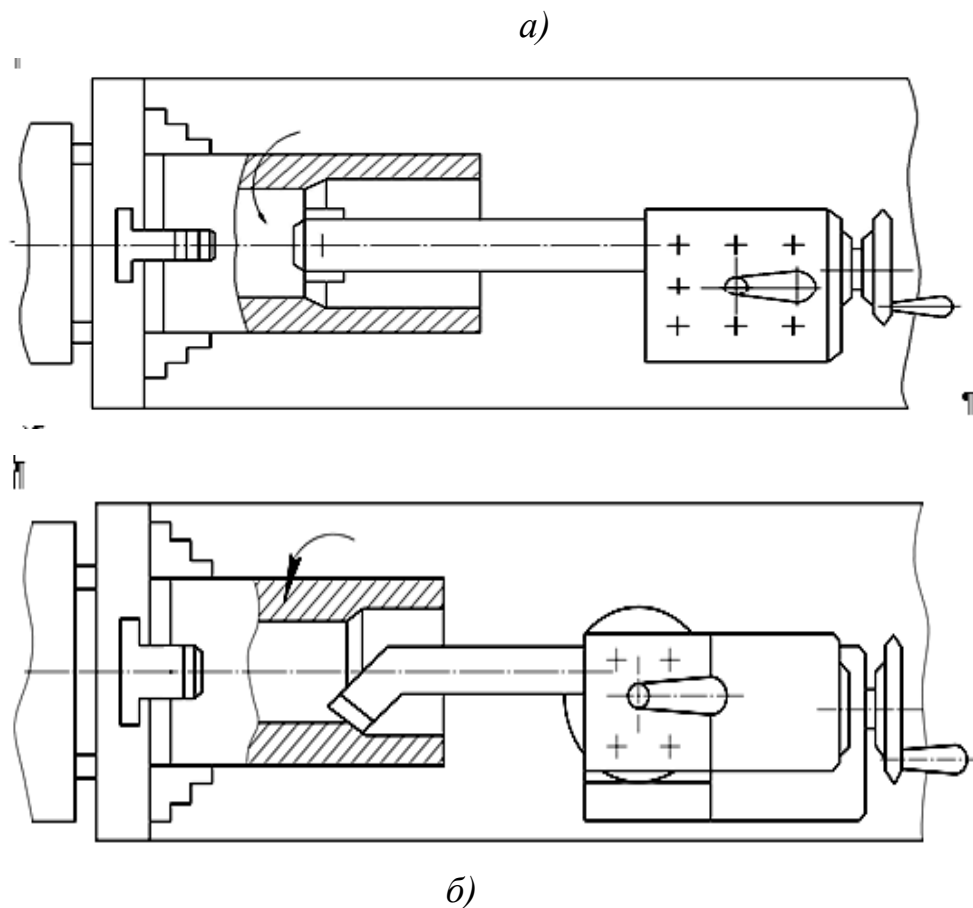


Рисунок 10. – Схеми розточування на токарних верстатах:

- а – різцем, який закріплений в різцетримачі;
- б – різцем, який закріплений в консольній оправці

Типовими операціями для розточних верстатів є розточування отвору, співвісних отворів і розточування отворів з паралельними осями.

Існують три основні способи розточування отворів на горизонтально-розточних верстатах (рис. 11).

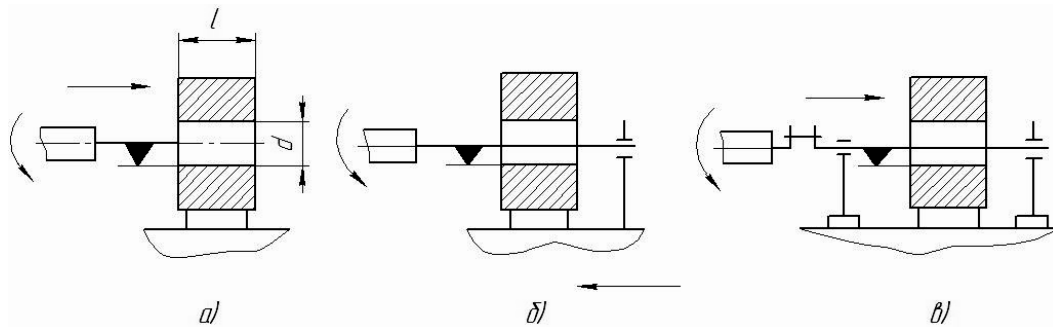


Рисунок 11. – Теоретичні схеми розточування на розточних верстатах:
a – консольними оправками; *б* – борштангами з однією опорою;
в – борштангами з двома опорами

1. – розточування консольними оправками (рис. 11, *a*);
2. – розточування борштангами-качалками з використанням опори задньої стійки (мал.11, *б*);
3. – розточування в кондукторах при шарнірному з'єднанні розточних оправок з шпинделем верстата (рис. 11, *в*).

Розточування борштангами з використанням задньої опори, (стійки), (варіант 2) застосовують при виготовленні великих важких деталей, що мають отвори в протилежних стінках або отвори, що мають довжину, яка не на багато перевищує їх діаметр. В цьому випадку опора задньої стійки і шпиндель повинні бути співвісні. Вивірювання проводять у вертикальних і горизонтальних площинах, але при цьому значно зростає допоміжний час.

Розточування борштангами з передньою і задньою опорами (варіант 3) проводиться за допомогою кондукторного пристосування, що забезпечує подвійне напрямлення інструменту і повністю визначає відносне положення інструмента і заготовки. Інструмент або оправки в цьому випадку з'єднуються з верстатом шарнірно. При цьому не потрібно точного відносного положення шпинделя і напрямних елементів пристосування, що призводить до скорочення часу на налагодження.

Протягування. Протягування отворів застосовують у масовому, крупносерійному і серійному виробництвах. Протягування є одним з

прогресивних способів оброблення металів різанням, як відносно продуктивності, так і досягнення точності і чистоти поверхні. У порівнянні з розвертуванням, наприклад, протягування в 8 – 9 разів продуктивніше.

Протягування здійснюється багатолезовим інструментом – протяжкою, яка протягується через оброблюваний отвір (рис. 12). Внутрішнім протягуванням обробляють різні отвори: круглі (циліндричні), щіцеві, багатогранні та ін.

При протягуванні на протяжних верстатах заготовку встановлюють на жорсткій (рис. 12, *а*) або сферичній опорі (рис. 12, *б*), якщо торець деталі не перпендикулярний осі отвору.

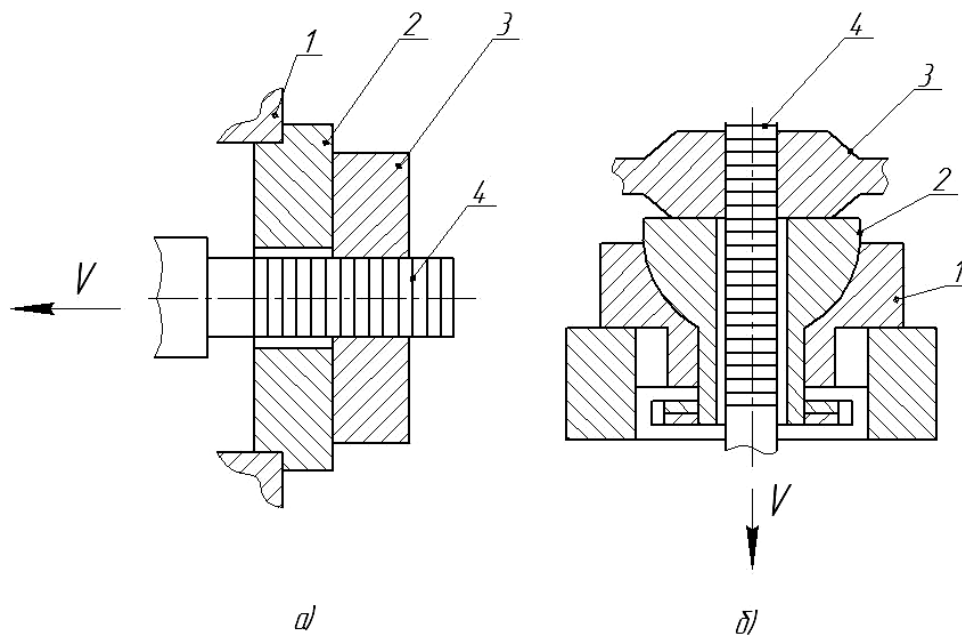


Рисунок 12. – Схеми протягування отворів:
а – горизонтальна; *б* – вертикальна; 1 – жорстка опора; 2 – шарова опора;
 3 – оброблювальна заготовка; 4 – протяжка

Для протягування застосовують горизонтальні і вертикальні протяжні верстати-напівавтомати.

Горизонтальні протяжні напівавтомати застосовуються для внутрішнього протягування. Вертикальні напівавтомати використовують як для внутрішнього, так і зовнішнього протягування. Вони займають в 2 – 3 рази менше площі, ніж горизонтальні.

Припуск під протягування при обробленні циліндричних отворів становить 0,5 – 1,5 мм на діаметр отвору.

Прошивання. Прошиванням називають аналогічне протягуванню оброблення коротшим інструментом – прошивкою (рис. 13, б).

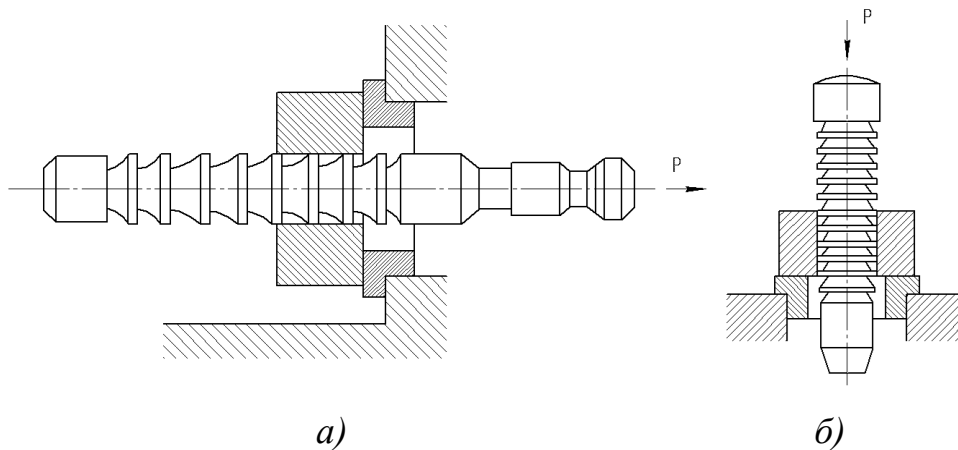


Рисунок 13. – Схема роботи протяжного інструменту:
а – протяжка; б – прошивка

Внутрішні поверхні втулок обробляються і з використанням абразивного інструменту. В табл. 2 приведені досяжні при абразивному обробленні внутрішніх циліндричних поверхонь шорсткість поверхонь і квалітет точності.

Таблиця 2 – Шорсткість поверхонь і квалітет точності при абразивному обробленні внутрішніх циліндричних поверхонь

Метод оброблення	Шліфування			Фінішні методи	
	попереднє	чистове	тонке	хонінгування	притирання
Квалітет точності	8-9	6-7	5-6	5-6	4-5
Шорсткість поверхонь Ra , мкм	0,4-6,3	0,3-3,2	0,1-1,6	0,1-1,6	0,1-1,6

При прошиванні інструмент сприймає напруження стиснення, а при протягуванні – розтягу (рис. 13), тому прошивку виготовляють відносно невеликої довжини (250...400 мм).

Для оброблення отворів застосовують внутрішнє шліфування, хонінгування і притирання.

Внутрішнє шліфування. Внутрішнє шліфування застосовують для остаточного оброблення отворів гартованих деталей або в тих випадках, коли

неможливо застосувати інші, продуктивніші методи оброблення. Воно здійснюється на внутрішньошліфувальних верстатах і безцентрово-внутрішньошліфувальних автоматах. Отвори обробляють на прохід і методом врізання (короткі отвори).

Можливе шліфування наскрізних, «глухих», конічних та фасонних отворів (рис. 14). Відкриті циліндричні і конічні отвори значної довжини шліфують методом поздовжньої подачі (на прохід), а короткі – методом врізання. На рис. 14 приведені схеми шліфування на внутрішньошліфувальному верстаті.

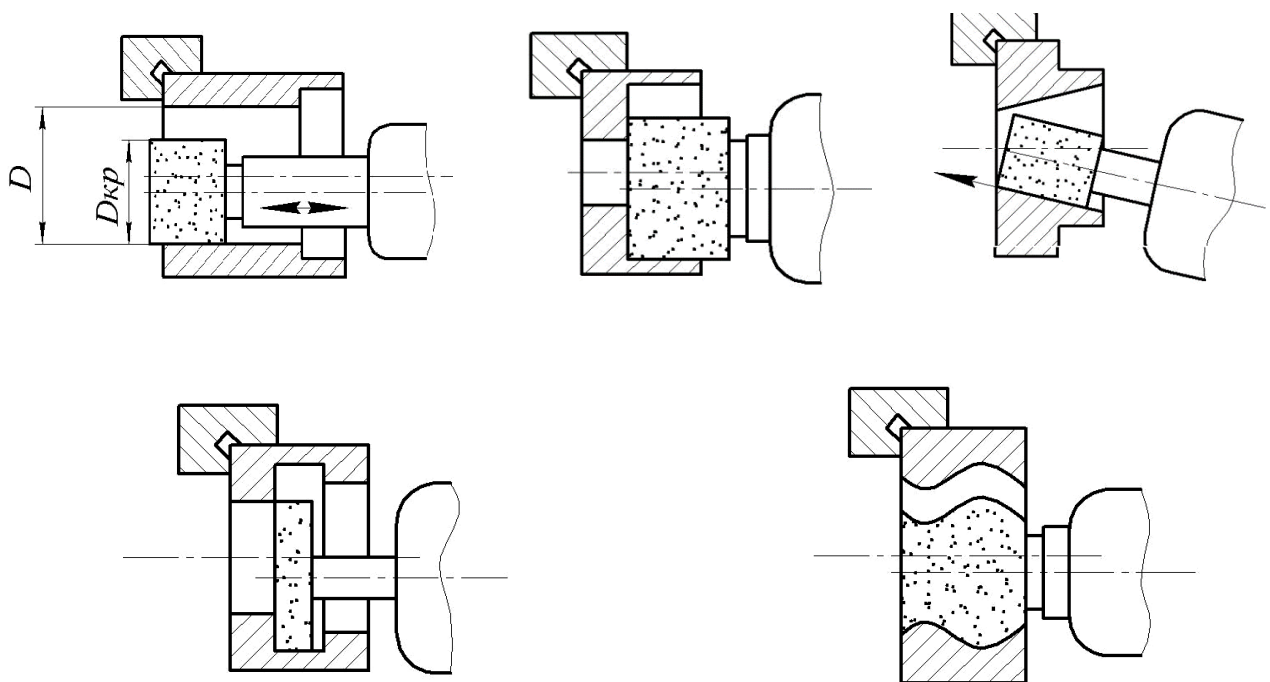


Рисунок 14. – Схеми шліфування на внутрішньошліфувальних верстатах

Схема оброблення отвору на внутрішньошліфувальному верстаті показана на рис. 15.

Внутрішнє шліфування має свої технологічні особливості.

Діаметр абразивного круга вибирають максимальним, який допускається діаметром оброблюваного отвору $D_{кр}=(0,8...0,9) D_{отв}$.

Висоту (ширину) круга приймають залежно від довжини оброблюваного отвору $L_{кр}= 0,8 L_{дет}$.

Чистовим шліфуванням забезпечується точність розмірів отворів IT6 – IT7; шорсткість поверхні – 0,8 – 3,2 мкм Ra . При тривалому виходжуванні досягається 0,4 мкм Ra .

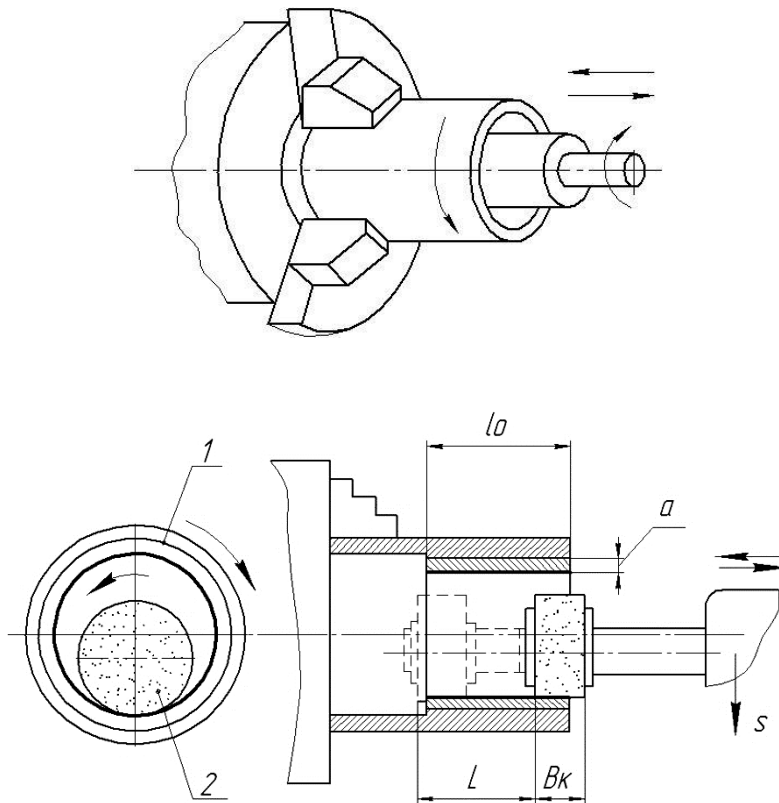


Рисунок 15. – Схема оброблення отвору на внутрішньошліфувальному верстаті

Для внутрішнього шліфування рекомендуються такі режими різання:

- для чавуну $v_{кр} = 20 - 30$ м/с;
- для сталі $v_{кр} = 30 - 45$ м/с;
- $v_{заг} = (0,015 - 0,03)v_{кр}$;
- $S_{позд} = (0,2 - 0,3)B_k$ – чистове шліфування;
- $S_{позд} = (0,6 - 0,8)B_k$ – чорнове шліфування.

Припуск на шліфування отворів залежать від діаметра отвору і його довжини і рекомендуються в межах 0,07 – 0,25 мм для діаметрів до 30 мм; 0,18 – 0,75 для діаметрів до 250 мм.

Найпоширенішим методом є шліфування на прохід з поздовжнім рухом подачі. Це шліфування забезпечує точність розмірів, форми і, при відповідному базуванні, точність взаємного розташування оброблених поверхонь.

Для шліфування торця деталі після шліфування отвору в ній, доцільно використовувати верстати, що мають крім круга для шліфування отвору, круг для шліфування торця. Це забезпечує дотримання високої точності перпендикулярності торцевої поверхні і осі отвору за рахунок оброблення за один установа.

Розрізняють три основних види внутрішнього шліфування:

- 1.– в обертовій заготовці;
- 2.– в нерухомій заготовці (планетарне);
- 3.– безцентрове.

Різні методи шліфування отворів показані на рис. 16.

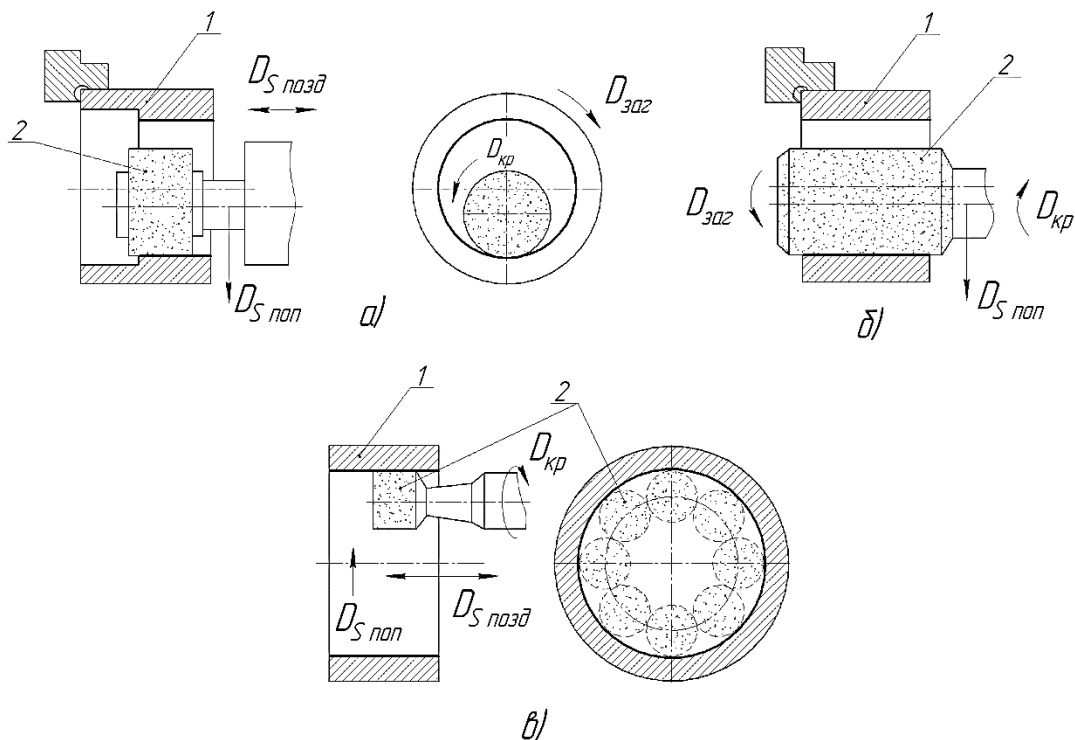


Рисунок 16. – Схеми шліфування отворів:

- a* – з поздовжньою подачею; *б* – з поперечною подачею; *в* – планетарне;
 1 – заготовка; 2 – шліфувальний круг

Шліфування отвору під час обертання заготовки здійснюється так само, як шліфування зовнішніх поверхонь тіл обертання.

Шліфування отвору в нерухомій заготовці застосовують при обробленні отворів у великих заготовках, які важко обертати. При цьому методі заготовка встановлюється на стіл верстата і залишається нерухомою під час оброблення.

Шпиндель і шліфувальний круг мають чотири рухи: 1 – обертання навколо своєї осі; 2 – планетарний рух по колу внутрішньої поверхні заготовки; 3 – зворотно-поступальний рух уздовж осі заготовки, 4 – поперечне переміщення (поперечний рух подачі). Цей метод менш продуктивний, ніж перший.

При внутрішньому безцентровому шліфуванні базою для установки заготовки служить зовнішня попередньо оброблена поверхня.

Хонінгування. Хонінгування є одним з методів викінчувального оброблення отворів.

Процес здійснюється за допомогою хонінгувальних головок (хонів) зі вставними абразивними брусками (рис. 17, а). Хонінгування виконується на спеціальних верстатах, які поділяють на дві групи: вертикально-хонінгувальні і горизонтально-хонінгувальні.

Хонінгувальна головка здійснює поєднані рухи: обертальний і зворотно-поступальний при постійному тиску абразивних брусків на оброблювану поверхню в середовищі мастильно-охолоджувальної рідини. Схема хонінгування приведена на рис. 17.

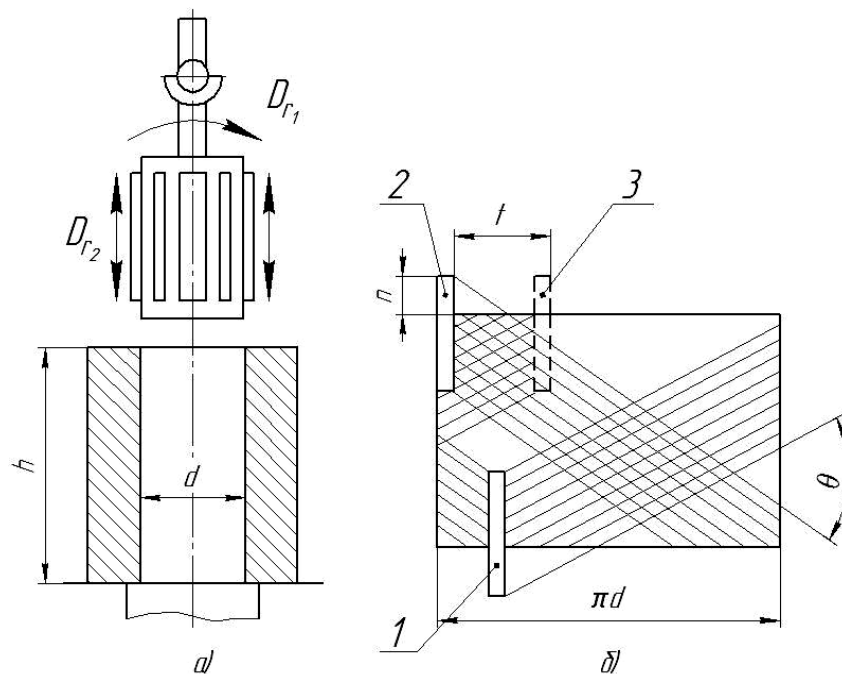


Рисунок 17. – Схема хонінгування отвору:

a – схема процесу хонінгування; *б* – схема траєкторії слідів оброблення

Процес різання здійснюється поєднанням обертального і зворотно-поступального рухів, які зазвичай надаються хонінгувальній головці, але можуть бути надані і оброблюваній деталі.

У першому варіанті нерухома оброблювана деталь, а в другому – інструмент. Внаслідок такого поєднання рухів, траєкторія руху абразивних зерен по оброблюваній поверхні представляє собою сітку гвинтових мікроскопічних ліній – слідів переміщення абразивних зерен. Кут θ перетину цих слідів залежить від співвідношення швидкостей (рис. 17, б).

На рис. 17, б показана розгортка оброблюваної поверхні. Похилими лініями показаний гвинтовий шлях зерна при прямому і при зворотному напрямках поступального руху хонінгувальної головки. На схемі вказано цифрами положення бруска (отже, і хонінгувального зерна) на початку прямого ходу (2), в кінці прямого ходу (1) і в кінці зворотного ходу головки (3). Звідси видно, що довжина ходу встановлюється з деяким перебігом, щоб виключити неповну обробку матеріалу на кінцях отвору і тим самим забезпечити однаковий розмір діаметру, як в середині, так і з торців деталі. Крім того, видно, що хонінгувальна головка робить на кожному подвійному ході деяке перекриття f оброблюваної поверхні в напрямку обертального руху. Це необхідно для виключення повторення траєкторії одного і того ж зерна.

Абразивні бруски завжди контактують з оброблюваною поверхнею, оскільки мають можливість розсуватися в радіальному напрямку. Тиск бруска контролюється. Найефективніше працюють головки з більшою кількістю брусків. Крім абразивних брусків застосовують і бруски із синтетичних алмазів на металевій зв'язці. Верхній алмазовмісний шар має товщину 2...2,5 мм. Алмазним хонінгуванням досягається найефективніше оброблення завдяки високій стійкості алмазних брусків.

Розсування брусків у радіальному напрямку здійснюється механічним, гідравлічним або пневматичним методами. В процесі хонінгування одержують гладку й блискучу поверхню з точністю 4 – 6 го- квалітетів і шорсткістю поверхні 0,01 – 0,02 Ra мкм. Точність форми, що досягається для отворів діаметром 100 – 120 мм, становить 0,01 – 0,02 мм.

Хонінгувальна головка обертається зі швидкістю 60 – 75 м/хв при обробленні сталевих заготовок. Швидкість зворотно-поступального руху головки близько 12 – 15 м/хв. Тиск брусків на оброблювану поверхню становить від 0,05 до 0,20 МПа. Припуск на оброблення – 0,05 – 0,10 мм, як правило, знімається за 1 – 2 хвилини (загалом припуск становить 0,01 – 0,07 мм для сталі

і 0,02 – 0,20 мм для чавуну). У якості змащувально-охолоджувальних рідин використовують гас.

При цьому методі оброблення знімаються як мікронерівності, що залишилися після попередньої операції, так і деяка частина основного металу, що дозволяє усувати такі спотворення форми як конусоподібність, овальність, бочкоподібність.

Складний рух брусків забезпечує велику площу контакту (кількість зерен абразиву, що одночасно беруть участь в різанні, в 500 – 1000 разів більша, ніж при шліфуванні), що забезпечує високу продуктивність процесу, а малий тиск брусків (в 6 – 10 разів менший, ніж при шліфуванні) дозволяє зрізати дуже тонкі шари металу (до 0,005 мм) і забезпечує високу чистоту поверхні. Зазвичай тривалість хонінгування становить 1 – 5 хвилин.

Попереднє оброблення отворів під хонінгування може бути виконане розточуванням, зенкеруванням, розвертуванням або шліфуванням і повинне забезпечувати точність оброблення не нижче, 7 – 8- го квалітету і 6,3 – 3,2 мкм *Ra*.

Хонінгування практично витіснило оброблення отворів притиранням, оскільки притирання є малопродуктивним процесом.

ПРИКЛАДИ ТИПОВИХ МАРШРУТІВ ВИГОТОВЛЕННЯ ВТУЛОК

Приклад 1.

Короткий опис операцій і операційні ескізи для виготовлення втулки (рис. 18).

Заготівельна.

Заготовка одержана на горизонтально-ковальній машині (ГКМ).

005. Токарна з ЧПК.

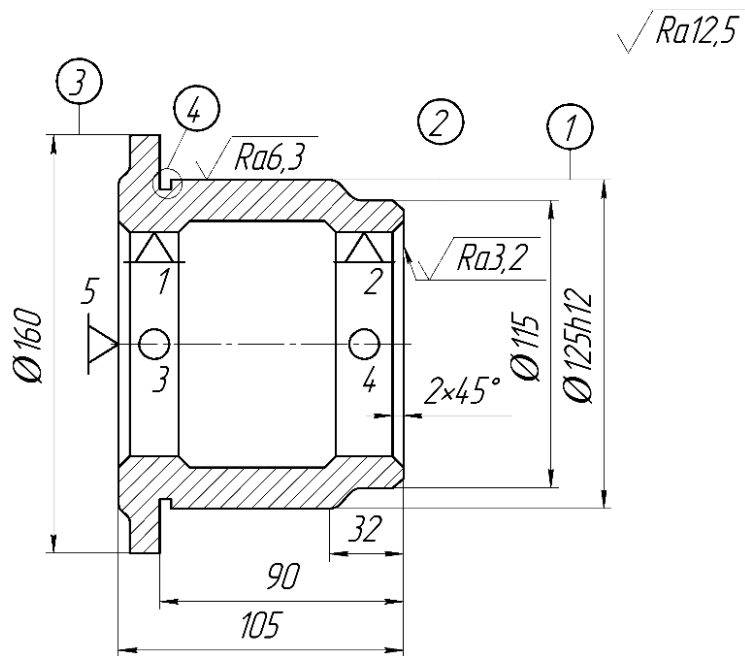
Виконується на токарному верстаті з ЧПК РТ-706.

Розточити поверхню під шліфування начисто; підрізати торець; розточити фаски (рис. 19).

010. Токарна з ЧПК.

Виконується на верстаті з ЧПК РТ-706.

Точити поверхні 1 (під шліфування) 2,3,4 начисто, підрізати торець і фаски (рис. 20).



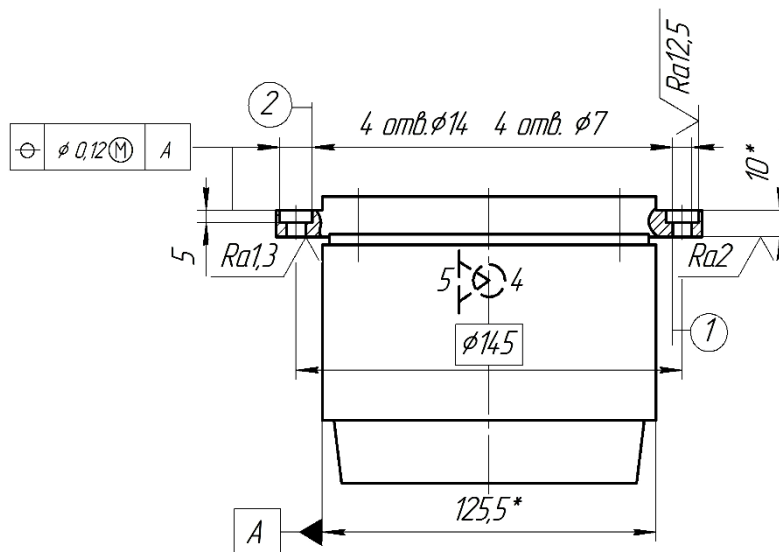
Невказані граничні відхилення розмірів отворів H14, валів h14, інших $\pm IT14/2$

Рисунок 20. – Операційний ескіз операції 010

015. Радіально-свердлильна.

Виконується на радіально-свердлильному верстаті 2Н53.

Свердлити чотири отвори 1 і зенкувати чотири отвори 2 (рис. 21); свердління отворів під різь і нарізування різи (на ескізі не показані).



Невказані граничні відхилення розмірів отворів H14, валів h14, решта $\pm IT14/2$

Рисунок 21. – Операційний ескіз операції 015

020. Термічна.

Гартувати до твердості 50...55 HRC_e.

025. Внутрішньошліфувальна попередня.

Виконується на верстаті 3227.

Шліфувати поверхні 1 і 2, (ескіз аналогічний операції 035).

030. Круглошліфувальна попередня.

Виконується на верстаті 3А153.

Шліфувати поверхню 1 і торець 2 (ескіз аналогічний операції 040).

035. Внутрішньошліфувальна чистова.

Виконується на верстаті 3227.

Шліфувати поверхні 1, 2 (рис. 22).

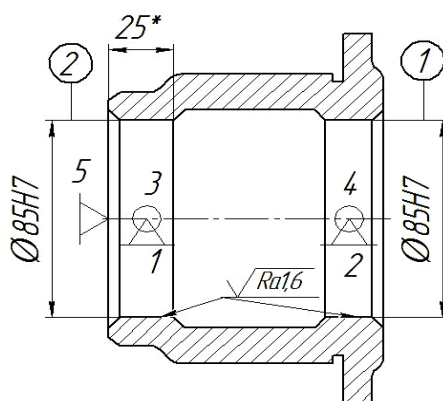


Рисунок 22. – Операційний ескіз операції 035

040. Круглошліфувальна чистова.

Виконується на верстаті 3А153.

Шліфувати поверхню 1 і торець 2 (рис. 23).

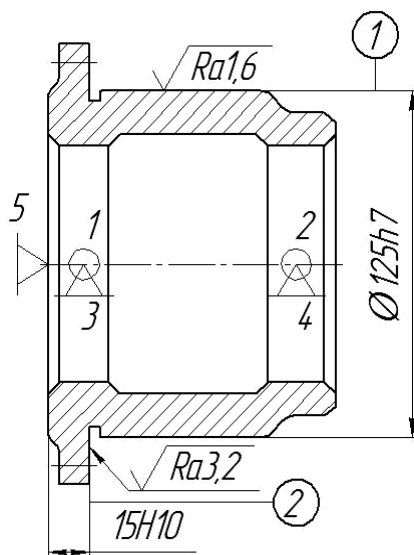


Рисунок 23. – Операційний ескіз операції 040

Приклад 2.

Опис операцій із зазначенням основних засобів технологічного оснащення для виготовлення втулки з фланцем (рис. 24).

Матеріал деталі – сталь 45.

Заготовка – штамповка з отвором (як довідковий матеріал використано дані табл. 3).

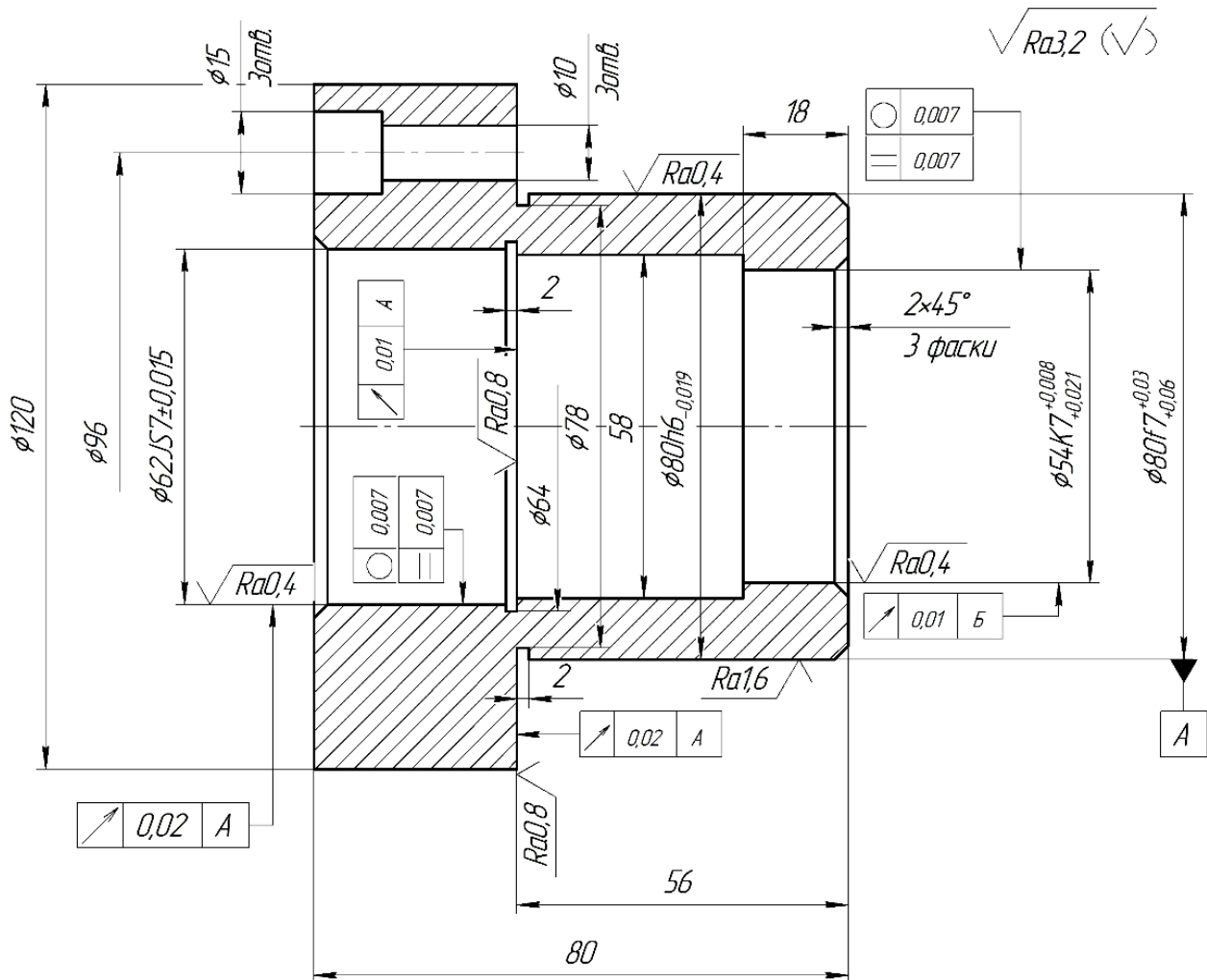


Рисунок 24. -Втулка з фланцем

Таблиця 3 - Типові процеси оброблення

Оброблюваний елемент або технічна вимога	Квалітет	<i>Ra</i> , мкм	Процес
Отвір діаметром до 30 мм	11	25	Свердління і розточування
	10	12,5	Свердління і розточування (зенкерування)
	8 – 9	6 – 1,6	Свердління, розточування і розвертування (свердління, зенкерування і розвертування)
	7	1,6 – 0,4	Свердління, зенкерування, розточування, дворазове розвертування або свердління, розточування і внутрішнє шліфування гартованих деталей.
	10	12,5	Розточування або зенкерування.
	9 8	3,2 1,6	Дворазове розточування або зенкерування. Зенкерування або дворазове розточування і одноразове розвертування або зенкерування, і протягування.
Відлиті або штамповані отвори діаметром більше 30 мм	7	0,8 – 0,4	Чорнове зенкерування, чистове зенкерування та дворазове розвертування або зенкерування і протягування або протягування без попереднього оброблення або розточування з подальшим внутрішнім шліфуванням.
Співвісність отвору і зовнішньої поверхні, перпендикулярність торця	10	12,5	З одного установка розточування або зенкерування отвору і проточування зовнішньої поверхні і торця. З одного установка розточування отвору або зенкерування з наступним розвертанням.
Співвісність отвору і зовнішньої поверхні, перпендикулярність торця	8 – 10	3,2 – 1,6	З одного установка шліфування отвору, зовнішньої поверхні і торця після токарного оброблення.
	7	0,8 – 0,4	Перший установ – в патроні оброблення отвору дворазовим розвертанням або внутрішнім шліфуванням, одночасне шліфування торця або протягування отвору.
	6	0,8 – 0,2	Другий установ – на оправці з використанням отвору деталі в якості бази, шліфування зовнішньої поверхні і торця.

005.Токарназ ЧПК операція.

Обробити отвори діаметрами 62JS7, 58, 54K7;
зовнішню поверхню діаметром 120 мм;
проточити виточки діаметром 64×2 і 78×2 мм;
точити дві фаски і торець діаметром 120 мм остаточно;
точити торець діаметром 120×80 мм з припуском на шліфування.

Верстат.

Токарний з ЧПК 16K20T.

Пристосування.

Самоцентрувальний трьохкулачковий патрон з пневмоприводом.

Базування.

По поверхні діаметром 80 мм і по торцю.

Ріжучі інструменти.

Контурний, розточний і прорізний різці, оснащені пластинками
твердого сплаву T14K8;
зенкери діаметрами 53,8 і 61,8 мм;
розвертки діаметрами 53,93; 54; 61,93 і 62 мм.

Вимірювальний інструмент.

Індикаторний нутромір з діапазоном вимірювання 50...75 мм і ціною
поділки 0,001 або 0,01 мм;
штангенциркуль ЩЦ-I з діапазоном вимірювання 150 мм і ціною
поділки ноніуса 0,1 мм;
калібри-пробки 54K7 і 62JS7.

010. Токарна гідрокопіювальна операція.

Точити поверхні діаметром 80f7 і 80h6 з припуском на шліфування,
торець і фаску остаточно.

Верстат.

Токарний гідрокопіювальний напівавтомат 1H713.

Пристосування.

Оправка і повідковий патрон.

Базування.

Базування по отворах діаметрами 62JS7, 54K7 і по торцю.

Ріжучий інструмент.

Різці, оснащені пластинами твердого сплаву T14K8.

Вимірювальний інструмент.

Штангенциркуль ЩЦ-І з діапазоном вимірювання 0...150 мм і ціною поділки ноніуса 0,1 мм.

015. Вертикально-свердлильна операція.

Свердлити три отвори діаметром 10×14 мм.

Верстат.

Вертикально-свердильний 2Н118.

Пристосування.

Переналагоджувальний кондуктор з пневмоприводом.

Базування.

По отвору діаметром 54K7 і по торцю.

Ріжучий інструмент.

Комбіноване свердло діаметром 10×14 мм.

020 Круглошліфувальна операція.

Шліфувати поверхні діаметром 80f7, 80h6 і торець діаметром 120×80 мм остаточно.

Верстат.

Кругло шліфувальний 3К12.

Пристосування.

Оправка і повідковий пристрій.

Базування.

По отворах діаметром 62JS7 і 54K7.

Вимірювальний інструмент.

Важільна скоба з діапазоном вимірювання 75 – 100 мм і ціною поділки шкали 0,002 мм;

калібри-скоби 80f7 і 80h6.

У наведеному прикладі не вказані деякі ріжучі та вимірювальні інструменти, а також наладки, використовувані при обробленні всіх деталей групи.

Розглянемо деякі рекомендації при проектуванні процесів виготовлення деталей типу втулок, фланців та ін.

Спочатку на токарному верстаті обробляють точні та інші отвори, оскільки за допомогою розверток можна забезпечити 7 – 8- й квалітети точності і

шорсткість 0,4 мкм Ra . Потім, не міняючи установу, обточують до кулачків зовнішні поверхні деталі з припуском на шліфування, так як на токарному верстаті нормальної точності економічно оброблювати ці поверхні не точніше 10- го квалітету, до шорсткості 1,6 мкм Ra і грубіше.

Найпродуктивнішим в середньо серійному виробництві для таких операцій (оброблення внутрішніх, зовнішніх і торцевих поверхонь з одного установка) є токарно-револьверні верстати або верстати з ЧПК, оснащені багатопозиційною інструментальною головкою. Карта наладки револьверної головки наведена на рис. 25.

Інші операції виконуються з базуванням деталі по обробленому отвору і торцю. Іноді передбачають попереднє оброблення всіх поверхонь. Ці операції виконують до першої операції (005) наведеного вище технологічного процесу. Подальше оброблення можна виконувати відповідно до типового процесу.

При обробленні втулок і фланців в масовому і крупносерійному виробництвах доцільно застосовувати наступний порядок.

1) Зенкерування отвору і зняття на ньому фаски на вертикально-свердлильному верстаті.

2) Протягування отвору на горизонтально- або вертикально-протяжному верстаті. Якщо фланець має глухий або конічний отвір, то він обробляється розверткою. У втулок, запресованих в корпус, залишають припуск під остаточне оброблення отвору.

Попереднє проточування зовнішньої поверхні, підрізання торців і зняття зовнішніх фасок виконують на токарному багаторізцевому напівавтоматі. На цій операції заготовку базують по центральному отвору на консольній або на центрувальній розтискній оправці.

Чистове проточування зовнішньої поверхні проводять на токарному або багаторізцевому напівавтоматах. На наступних операціях виконують зняття фасок з протилежного торця, свердління отвору для змащування, оброблення мастильних канавок і шліфування зовнішньої поверхні втулки (фланця).

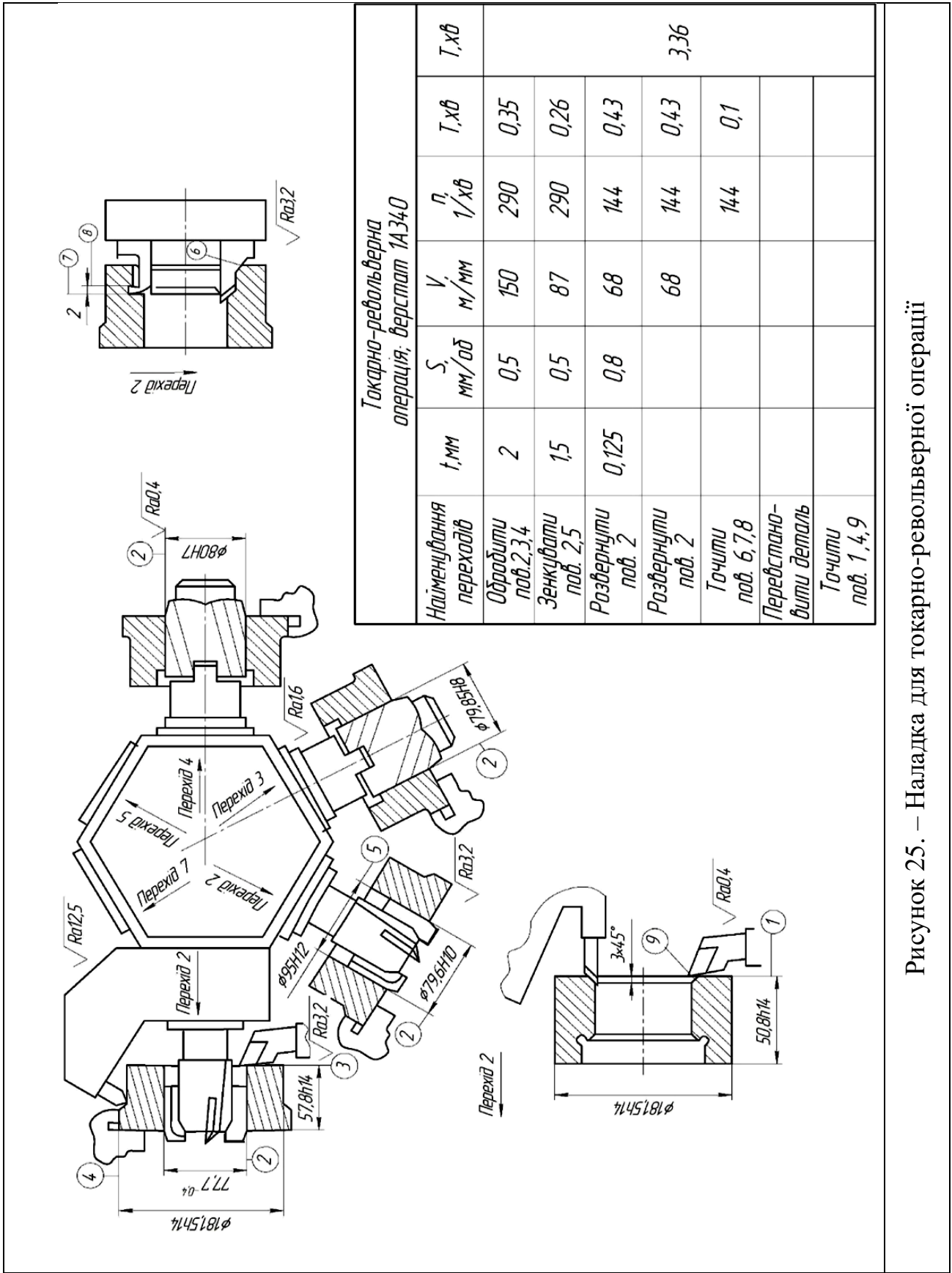


Рисунок 25. – Наладка для токарно-револьверної операції

4. РЕКОМЕНДАЦІЇ ДЛЯ ВИКОНАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНИХ ЗАВДАНЬ

4.1 ПРИЗНАЧЕННЯ РЕЖИМІВ ОБРОБЛЕННЯ ОТВОРІВ МАЛОГО ДІАМЕТРУ В ДЕТАЛЯХ КЛАСУ «ПОРОЖНИСТІ ЦИЛІНДРИ»

При виготовленні у втулках отворів діаметром до 80 мм використовують такі операції як свердління, розсвердлювання, зенкерування, розвертування або протягування.

4.1.1 ОБРОБЛЕННЯ СВЕРДЛІННЯМ ТА РОЗСВЕРДЛЮВАННЯМ

Отвори діаметром до 30 мм свердлять одним свердлом, отвори діаметром від 30 до 80 мм розсвердлюють другим свердлом. При свердлінні та розсвердлюванні спіральними свердлами досягається точність отворів до $IT12$ та шорсткість до $6,3 \text{ мкм } Ra$. [5].

Схема оброблення отворів свердлінням, розсвердлюванням, зенкеруванням та розвертуванням показана на рис. 26.

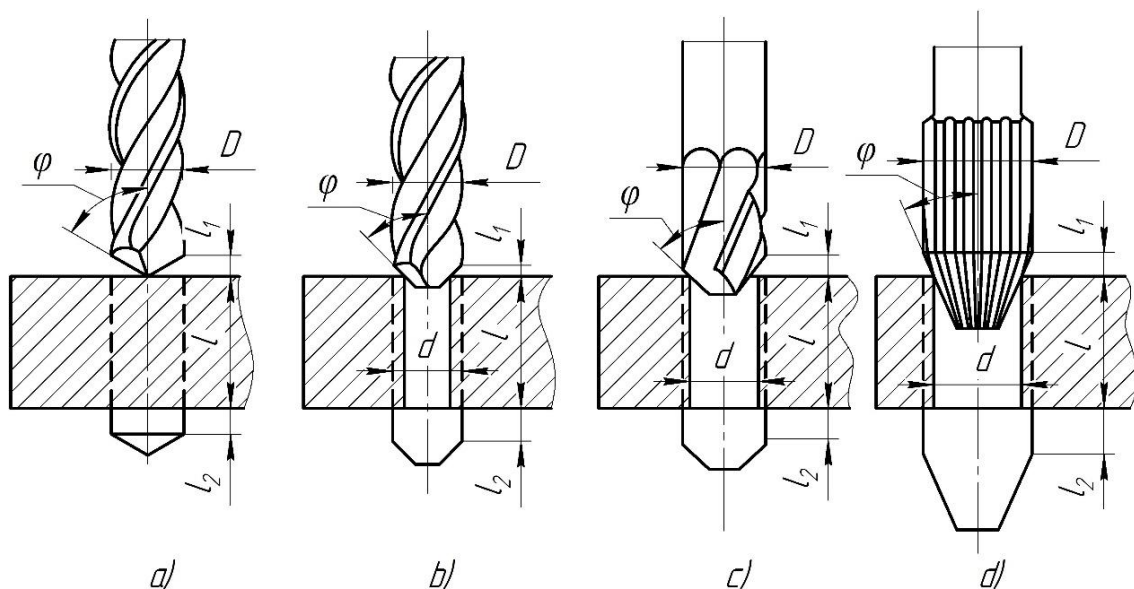


Рисунок 26. – Схема оброблення отворів на прохід:
 a – свердлінням; b – розсвердлюванням; c – зенкеруванням; d – розвертуванням

Припуски при різних видах оброблення отворів вказані в табл. 4.

Машинний (технологічний час) необхідний для свердління на прохід (рис. 26, a) визначають за формулою

$$T_o = \frac{l + l_1 + l_2}{s \cdot n} \cdot i, \text{ хв}, \quad (1.1)$$

де l – довжина отвору, мм;

l_1 – довжина шляху врізання свердла, мм;

$$l_1 = \frac{D}{2} \cdot \text{ctg} \varphi + (0,5 \dots 2,0), \text{ мм}; \quad (1.2)$$

φ – головний кут свердла у плані, ($2\varphi = 115^0 - 130^0$; $\varphi = 60^0$ при обробленні сталі);

D – діаметр свердла, мм;

l_2 – довжина перебігу свердла, мм; ($l_2 = 1 \dots 3$ мм);

s – подача при свердлінні (мм/об), (таблиця 5);

n – кількість обертів свердла за хвилину;

i – кількість проходів.

Частота обертання деталі

$$n_o = \frac{v \cdot 1000}{\pi \cdot D}, \text{ об/хв}, \quad (1.3)$$

де v – швидкість різання при свердлінні (м/хв); (таблиця 5);

Машинний (технологічний) час, необхідний для розсвердлювання на прохід (рис. 27, b) обраховують по формулі 1.1,

де s – подача при розсвердлюванні, мм/об; (таблиця 6);

v – швидкість різання при розсвердлюванні (м/хв.) (таблиця 6).

Таблиця 4 – Припуски при різних видах оброблення отворів [1; 6]

Метод оброблення	Припуск на діаметр, мм							
	Інтервал діаметрів, мм							
	Від 6 до 10	Понад 10 до 18	Понад 18 до 30	Понад 30 до 50	Понад 50 до 80	Понад 80 до 120	Понад 120 до 180	Понад 180
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Розвертування								
Чорнове	-	0,16	0,20	0,24	0,27	0,30	-	-
Чистове	-	0,04	0,05	0,06	0,08	0,10	-	-

Продовження таблиці 4

Шліфування після термічного оброблення									
Попереднє	-	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4	
Чорнове	-	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	
Хонінгування									
Чорнове	-	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06	0,06	0,07	
Чистове	-	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	
Розточування до термічного оброблення під шліфування при довжині отвору:									
До 50 мм	Чорнове	0,8	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,5
	Чистове	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,6
Понад 50 до 100 мм	Чорнове	-	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6
	Чистове	-	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	0,6	0,6
Понад 100 до 300 мм	Чорнове	-	-	1,2	1,3	1,3	1,4	1,5	1,6
	Чистове	-	-	0,4	0,4	0,4	0,5	0,6	0,7
Понад 300 до 500 мм	Чорнове	-	-	1,3	1,4	1,4	1,5	1,5	1,6
	Чистове	-	-	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7
Зенкерування при довжині отвору:									
До 3 мм		1,0	1,2	1,4	1,4	1,5	1,9	2,1	2,5
Понад 3 мм		1,2	1,4	1,7	1,7	2,0	2,3	2,4	2,6

Таблиця 5 – Режими різання при свердлінні свердлами із швидкоріжучої сталі. [1; 6]

Діаметр свердла, мм	Оброблюваний матеріал			
	Сталь $\sigma_s = 750$ МПа		Сірий чавун 190 НВ	
	Подача, мм/об	Швидкість різання, м/хв.	Подача, мм/об	Швидкість різання, м/хв.
до 10	0,05...0,15	50...30	0,10...0,20	45...30
10...15	0,10...0,20	40...25	0,15...0,35	35...25
15...20	0,15...0,30	35...23	0,30...0,55	27...21
20...25	0,20...0,35	30...20	0,40...0,70	24...20
більше 25	0,25...0,50	25...18	0,50...0,90	23...18

Примітки.

1. Свердління сталі здійснюють з охолодженням.

2. Зі збільшенням та зменшенням твердості (міцності) оброблюваного матеріалу табличні значення швидкості необхідно відповідно зменшити чи збільшити, але не більше ніж на 30%.

3. При глибині отвору понад трьох його діаметрів, подачу зменшують на 10...30%, а швидкість різання – на 20...50%.

4. При роботі твердосплавними свердлами швидкість різання збільшують у 2 – 3 рази.

Таблиця 6 – Режими різання при розсвердлюванні отворів свердлами із швидкоріжучої сталі [1; 6]

Діаметр оброблюваного отвору, мм	Оброблюваний матеріал			
	Сталь $\sigma_s = 750$ МПа		Сірий чавун	
	Подача, мм/об	Швидкість різання, м/хв.	Подача, мм/об	Швидкість різання, м/хв.
1	2	3	4	5
До 25	0,2	35...40	0,2	38...40
	0,3	30...32	0,3	32...33
	0,4	26...28	0,5	27...28
25 – 40	0,3	30...34	0,3	34...37
	0,4	25...29	0,4	30...32
	0,6	21...24	0,6	25...27
40 – 50	0,3	7...32	0,3	31...34
	0,4	24...28	0,4	28...30
	0,6	19...23	0,7	23...26
Більше 50	0,3	26...29	0,3	30...31
	0,4	23...25	0,4	25...26
	0,6	19...20	0,7	21...22

4.1.2 ОБРОБЛЕННЯ ЗЕНКЕРУВАННЯМ

Зенкерування – це технологічна операція, яка здійснюється після свердління чи розсвердлювання і призначена для збільшення точності і зниження шорсткості поверхні.

Так, при чорновому зенкеруванні досягається точність до $IT11$ та шорсткість до $3,2$ мкм Ra . При чистовому зенкеруванні досягається точність до $IT10$ та шорсткість до $1,25$ мкм Ra .

Схема оброблення отворів зенкуванням на прохід показана на рис. 26, с.

Машинний (технологічний) час, необхідний для зенкерування на прохід (рис. 26, с) визначають за формулою

$$T_o = \frac{l + l_1 + l_2}{s \cdot n} \cdot i, \text{ хв}, \quad (1.4)$$

де l – довжина отвору, мм;

l_1 – довжина шляху врізання зенкера, мм;

$$l_1 = \frac{D - d}{2} \cdot ctg \varphi + (0,5 \dots 2,0), \text{ мм}; \quad (1.5)$$

D – діаметр зенкера, мм;

d – діаметр отвору до зенкерування, мм;

φ – головний кут зенкера у плані, $\varphi = 30^0 - 45^0$; $\varphi = 35^0$ для сталі.

l_2 – довжина перебігу зенкера, мм; ($l_2 = 1 \dots 3$ мм);

s – подача (мм/об), (табл. 7);

n – кількість обертів зенкера за хвилину, об/хв.

Частота обертання деталі

$$n_d = \frac{v \cdot 1000}{\pi \cdot D}, \text{ об/хв}, \quad (1.6)$$

v – швидкість різання при зенкеруванні (м/хв.); (табл. 8; 9);

i – кількість проходів;

t – глибина різання при зенкеруванні, мм.

Припуск на оброблення, – h (мм) приймають із табл. 4.

Таблиця 7 - Подачі s_0 (мм/об) при зенкеруванні отворів зенкерами з швидкоріжучої сталі [1; 6]

Діаметр зенкерів D , мм	15	18	20	25	30	35	40	45	50	60	70	80
Сталь	0,4-0,7	0,45-0,8	0,5-0,9	0,55-1,0	0,6-1,1	0,65-1,2	0,7-1,3	0,75-1,4	0,8-1,5	0,85-1,6	0,9-1,8	0,95-2,0
Чавун	0,38-1,25	0,4-1,35	0,45-1,5	0,5-1,7	0,58-1,9	0,65-2,1	0,7-2,3	0,75-2,4	0,8-2,6	0,9-2,9	1,0-3,2	1,1-3,4

Таблиця 8 - Швидкість різання v (м/хв) при зенкеруванні отворів у вуглецевій сталі [1; 6]

Діаметр, D , мм	Припуск, мм	Подача S_0 , (мм/об)													
		0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	
15	0,5	50	41	35	32	29	26	-	-	-	-	-	-	-	
18	0,5	-	41	35	32	29	26	25	22	-	-	-	-	-	
20	0,5	-	40	34	31	27	26	24	21	20	-	-	-	-	
25	0,75	-	-	31	28	25	23	22	20	18	16	-	-	-	
30	0,75	-	-	32	29	24	28	23	21	19	18	-	-	-	
35	0,75	-	-	-	29	20	24	23	20	18	17	16	-	-	
40	1,0	-	-	-	-	-	18	15	15	14	13	12	11	10	
45	1,0	-	-	-	-	-	18	17	15	14	13	12	11	10	
50	1,25	-	-	-	-	-	-	16	14	13	12	11	10	9	
60	1,5	-	-	-	-	-	-	-	17	14	13	12	12	10	
70	1,75	-	-	-	-	-	-	-	-	13	11	10	9	9	8
80	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11	10	10	9

Таблиця 9 - Швидкість різання v (м/хв) при зенкеруванні отворів у сірому чавуні. [1; 6]

Діаметр D , мм	Припуск, мм	Подача S_0 , (мм/об)															
		0,4	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3	3,5
15	0,5	33	27	26	25	22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18	0,5	-	26	27	25	23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	0,5	-	-	29	27	25	23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25	0,75	-	-	-	23	21	20	18	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30	0,75	-	-	-	23	20	18	17	-	-	-	-	-	-	-	-	-
35	0,75	-	-	-	24	22	20	18	17	-	-	-	-	-	-	-	-
40	1,0	-	-	-	-	22	19	17	16	15	14	14	13	13	12	-	-
45	1,0	-	-	-	-	-	20	19	17	17	15	15	15	14	14	13	-
50	1,25	-	-	-	-	-	21	19	18	17	16	16	15	15	14	14	-
60	1,5	-	-	-	-	-	25	23	22	20	18	16	15	15	14	14	13
70	1,75	-	-	-	-	-	-	22	20	19	19	18	18	17	16	14	14
80	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-	18	17	17	16	16	14	14	13

4.1.3. ОБРОБЛЕННЯ РОЗВЕРТУВАННЯМ

Розвертування – це технологічна операція, яка проводиться після зенкерування та призначена для підвищення точності та зниження шорсткості поверхні. Так, при чорновому розвертуванні досягається точність до $IT8$ та шорсткість до $1,25 \text{ мкм } Ra$ [5]. При чистовому розвертуванні досягається точність до $IT6$ та шорсткість до $0,63 \text{ мкм } Ra$. [5]

Схема оброблення отвору розвертуванням на прохід показана на рис. 26, *d*.

Машинний (технологічний) час, необхідний для розвертування на прохід (рис. 27, *d*) визначають за формулою

$$T_o = \frac{l + l_1 + l_2}{s \cdot n} \cdot i, \text{ хв}, \quad (1.7)$$

де l – довжина отвору, мм;

l_1 – довжина шляху врізання розвертки, мм;

$$l_1 = \frac{D}{2} \cdot \text{ctg} \varphi + (0,5 \dots 2,0), \text{ мм}; \quad (1.8)$$

D – діаметр розвертки, мм;

φ – головний кут розвертки у плані, $\varphi = 10^0 - 15^0$; $\varphi = 12^0$ для сталі;

l_2 – довжина перебігу розвертки, мм; ($l_2 = 1 \dots 3$ мм);

s – подача (мм/об), (табл. 10); (При чорновому розвертуванні подачу обирають найбільшу з межі інтервалу подач. При чистовому розвертуванні обирають найменшу подачу з межі інтервалу подач);

n – кількість обертів розвертки за хвилину, об/хв.

Частота обертання деталі

$$n_d = \frac{v \cdot 1000}{\pi \cdot D}, \text{ об/хв}, \quad (1.9)$$

де v - швидкість різання при розвертуванні (м/хв.); (табл. 11);

i - кількість проходів.

Таблиця 10 - Подачі при розвертуванні s_0 (мм/об) [1; 6]

Діаметр розвертки D в мм до		5	10	15	20	25	30	35	40	50	60	70	80
	Розвертки зі сталі P18												
Сталь		0,2-0,5	0,3-0,7	0,4-0,9	0,6-1,4	0,7-1,6	0,8-1,8	0,9-2,0	1,0-2,1	1,1-2,5	1,3-2,8	1,4-3,0	1,5-3,2

Таблиця 11 - Швидкість різання при розвертуванні [1; 6]

Діаметр розвертки D , мм	Подача s_0 (мм/об) до																								
	0,36	0,40	0,44	0,48	0,52	0,58	0,64	0,70	0,76	0,85	0,92	1,00	1,10	1,20	1,30	1,42	1,55	1,70	1,85	2,00	2,25	2,50	2,70	2,90	
до 15	23	22	20	19	18	17	16	15	14	13	12	12	11	11	10	9	9	8	7	-	-	-	-	-	-
до 20	22	20	19	18	17	16	15	14	13	13	12	11	11	10	9	9	8	8	7	7	-	-	-	-	-
до 30	20	19	18	17	16	15	14	13	13	12	12	11	10	10	9	9	8	8	7	7	6	6	6	6	5
до 50	-	-	17	16	15	14	13	13	12	12	11	10	10	9	9	8	8	7	7	6	6	6	5	-	-
до 80	-	-	-	-	14	13	13	12	12	11	10	10	9	9	8	7	7	6	6	6	5	5	5	4	-

4.2. ПРИЗНАЧЕННЯ РЕЖИМІВ ОБРОБЛЕННЯ ДЕТАЛІ КЛАСУ «ПОРОЖНИСТІ ЦИЛІНДРИ» З ВЕЛИКИМ ОТВОРОМ

При виготовленні отворів діаметром більш ніж 80мм використовують такі операції як розточування (чорнове та чистове) та внутрішнє шліфування

(шліфування попереднє, шліфування остаточне), також використовують хонінгування.

4.2.1. Оброблення розточуванням

Залежно від необхідної точності та шорсткості внутрішніх оброблених поверхонь мають місце такі види розточування:

а) чорнове розточування, при якому досягається точність до $IT10$ та шорсткість до $6,3 \text{ мкм } Ra$;

б) чистове розточування, при якому досягається точність до $IT9$ та шорсткість до $1,6 \text{ мкм } Ra$;

в) тонке розточування, при якому досягається точність квалітету до $IT6$ та шорсткість до $0,16 \text{ мкм}; Ra [1]$.

Схема розточування отвору на прохід показана на рис. 27.

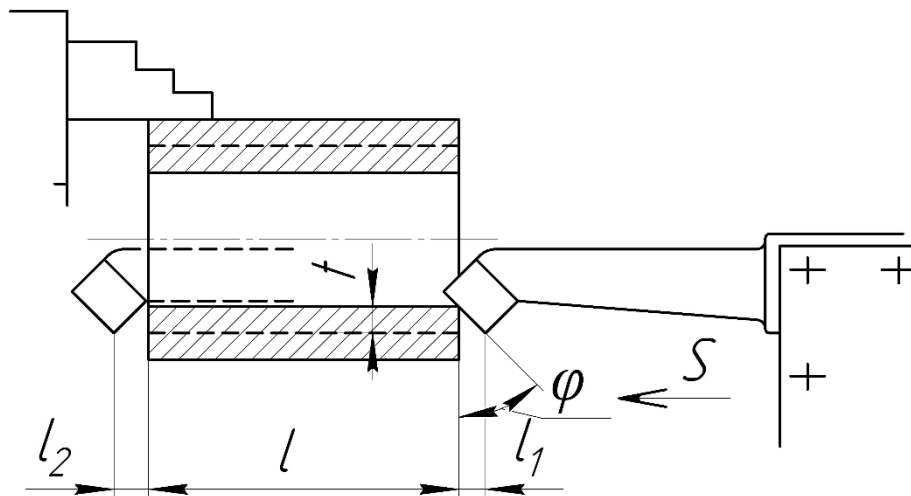


Рисунок 27. - Схема розточування отвору на прохід

Машинний (технологічний час), необхідний для розточування отвору на прохід (рис. 27) розраховують за формулою

$$T_o = \frac{l + l_1 + l_2}{s \cdot n} \cdot i, \quad (1.10)$$

де l – довжина розточування (мм);

l_1 – довжина (шлях) врізання різця (мм).

$$l_1 = \frac{t}{\operatorname{tg} \varphi} \cdot \operatorname{ctg}(0,5 \dots 2), \quad (1.11)$$

де t – глибина різання в мм, яку призначають з допущенням, що припуск видаляють з поверхні заготовки за один прохід різця;

φ – головний кут різця у плані дорівнює $\varphi = 30 - 90^\circ$;

l_2 – довжина перебігу свердла (мм) ($l_2 = 1 \dots 5$ мм);

s – поздовжня подача (мм/об) (табл. 12). Подача обирається залежно від матеріалу заготовки, конструкції різця та глибини різання;

n – кількість обертів заготовки за хвилину.

Частота обертання деталі

$$n_d = \frac{v \cdot 1000}{\pi \cdot D}; \text{ об/хв}, \quad (1.12)$$

де v - швидкість різання при розточуванні, (м/хв) (табл. 12).

При чорновому розточуванні t дорівнює припуску на оброблення.

При чистовому розточуванні $t = 0,5 \dots 2$, мм.

Припуск на оброблення, h призначають із табл. 4, а кількість проходів i визначають за формулою:

$$i = \frac{h}{t}. \quad (1.13)$$

Таблиця 12 - Режими різання при точінні та розточуванні різцями, оснащеними композитом на основі нітриду бору [1; 6]

Оброблюваний матеріал	Характер оброблення	Подача s , мм/об	Швидкість різання v , м/хв
Незагартовані сталі до 40 HRC	Чорнове	0,1-0,2	50-100
	Чистове	0,03-0,07	100-160
Загартовані сталі до 68 HRC	Чорнове	0,05-0,1	40-80
	Чистове	0,03-0,07	80-130
Сірі та високоміцні чавуни до 300 HB	Чорнове	0,05-0,3	100-1500
	Чистове	0,05-0,015	150-250
Відбілені чавуни до 600 HB	Чорнове	0,03-0,15	80-100
	Чистове	0,03-0,010	100-200

4.2.2. Оброблення внутрішнім шліфуванням

Залежно від необхідної точності та шорсткості оброблюваних поверхонь мають місце такі види внутрішнього шліфування:

а) попереднє шліфування, при якому досягається точність до $IT8$ та шорсткість до $0,8 \text{ мкм } Ra$;

б) остаточне шліфування, при якому досягається точність до $IT7$ та шорсткість до $3,2 \text{ мкм } Ra$ [1].

Схема оброблення отвору внутрішнім шліфуванням на прохід показана на рис. 28.

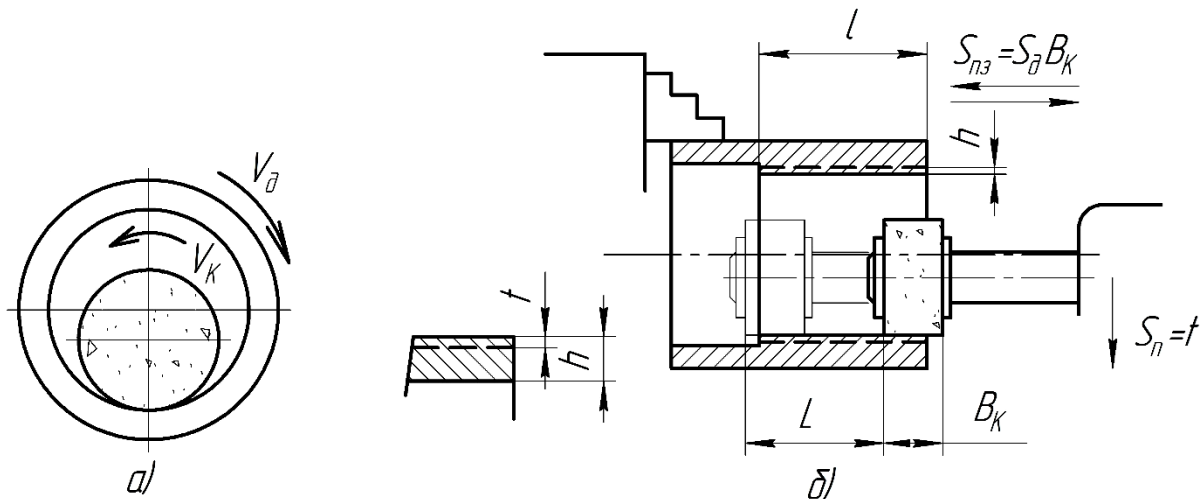


Рисунок 28. - Схема оброблення отвору внутрішнім шліфуванням:
 t – величина припуску, що знімається за кожний хід столу і рівна поперечній подачі S_n

Машинний (технологічний час), необхідний для оброблення отвору внутрішнім шліфуванням з поперечною подачею $S_n=t$ на кожний хід столу (рис. 28.) визначають за формулою

$$T_o = \frac{L}{S \cdot B_k \cdot n_g} \cdot \frac{h}{t} \cdot K, \text{ хв}, \quad (1.14)$$

де L – довжина поздовжнього ходу столу, мм;

$$L = l - (0,2 \dots 0,4) B_k, \text{ мм},$$

l – довжина поверхні, що шліфується, мм;

B_k – ширина круга, мм;

Повздовжню подачу S_{nz} призначають у частках ширини круга (B_k) на один оберт деталі у мм (табл. 13).

Таблиця 13 - Режими різання при внутрішньому шліфуванні отворів [1]

Вид шліфування	Швидкість обертання круга, м/с	Швидкість обертання заготовки, м/хв	Глибина різання, мм	Повздовжня подача
Попереднє шліфування	30 – 35	20 – 40	0,005 – 0,02	(0,4 – 0,7) B_k
Остаточне шліфування	30 – 35	20 – 40	0,0025 – 0,01	(0,25 – 0,4) B_k

n_∂ – кількість обертів деталі за хвилину

$$n_\partial = \frac{v_\partial \cdot 1000}{\pi \cdot D}, \quad (1.15)$$

де v_∂ – швидкість обертання деталі при шліфуванні, м/хв;

D – діаметр отвору, мм.

Кількість проходів i визначають за формулою

$$i = \frac{h}{t}, \quad (1.16)$$

де h – припуск на сторону під шліфування, мм; (таблиця 4.)

t – глибина шліфування;

K – поправочний коефіцієнт.

При попередньому шліфуванні $K=1,2 - 1,5$; при остаточному шліфуванні $K=1,3 \dots 1,8$.

5. ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ І МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ЇХ ВИКОНАННЯ

З метою закріплення теоретичних знань, отриманих при вивченні дисципліни студенти повинні виконати індивідуальні завдання. Варіанти завдань вказані в додатках відповідно до останніх двох цифр залікової книжки (Додатки А, Б).

Перш ніж приступити до виконання індивідуального завдання, потрібно вивчити теоретичний матеріал відповідно до програми.

При виконанні індивідуальних завдань всі пояснення при розв'язуванні повинні викладатися коротко, послідовно і зрозуміло. Перетворення формул і підстановку числових значень необхідно робити так, щоб можна було легко перевірити весь хід розрахунків.

Індивідуальні завдання повинні бути оформлені в рукописному варіанті або набрані на комп'ютері на аркушах білого папера формату А4 (297x210). Розміри полів на аркушах: лівого – 20 мм, правого – 10 мм, верхнього і нижнього – 20 мм. Розділи можуть поділяється на підрозділи, пункти і т. д. Усі матеріали індивідуальної роботи повинні відповідати правилам ЄСКД і ЄСТД.

При виконанні індивідуального завдання дозволяється використовувати наявні довідники, галузеві нормативи, літературу інших періодів видання та інші інформаційні матеріали з обов'язковою вказівкою найменування джерела, сторінки, номера таблиці й інших даних джерел, що використовуються.

5.1. АЛГОРИТМ РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ КЛАСУ «ПОРОЖНИСТІ ЦИЛІНДРИ» МАЛОГО ДІАМЕТРУ

5.1.1. ВИХІДНІ ДАНІ ЗАВДАННЯ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ:

$$D_{отв}; L_{отв}; 0,63 \text{ мкм } Ra; IT8 \text{ (Додаток А)}.$$

5.1.2. ПЛАН ОБРОБЛЕННЯ:

- свердління отвору;
- розсвердлювання отвору;
- зенкерування отвору;
- розвертування отвору (чорнове);
- розвертування отвору (чистове).

5.1.3. ВИЗНАЧИТИ ПРИПУСКИ НА ОБРОБЛЕННЯ ОТВОРУ ЗГІДНО З ПЛАНАМИ ОБРОБЛЕННЯ

$$h_{свердл.}; h_{розсвердл.}; h_{зенкерув.}; h_{розверт.(чорн.)}; h_{розверт.(чист.)}$$

5.1.4. ВИЗНАЧИТИ ДІАМЕТР РІЖУЧОГО ІНСТРУМЕНТА, ВИКОРИСТАНОГО У ТЕХНОЛОГІЇ, ЩО РОЗРОБЛЯЄТЬСЯ

$$D_{свердл.№1}; D_{свердл.№2}; D_{зенкерув.}; D_{розверт.(чорн.)}; D_{розверт.(чист.)}.$$

$$D_{розверт.(чист.)} = D_{отв.}$$

$$D_{розверт.(чорн.)} = D_{розверт.(чист.)} + h_{розверт.(чист.)}.$$

$$D_{\text{зенкерув.}} = D_{\text{розверт. (чорн.)}} + h_{\text{розверт. (чорн.)}}$$

$$D_{\text{свердл. №2}} = D_{\text{зенкерув.}} + h_{\text{зенкерув.}}$$

$$D_{\text{свердл. №1}} = 10 \dots 30 \text{ мм.}$$

5.1.5. ВИЗНАЧИТИ РЕЖИМИ ОБРОБЛЕННЯ ОТВОРУ ПРИ СВЕРДЛІННІ

$$(t, S_0, v, n, T_0).$$

5.1.6. ВИЗНАЧИТИ РЕЖИМИ ОБРОБЛЕННЯ ПРИ РОЗСВЕРДЛЮВАННІ ОТВОРУ

$$t = \frac{D_{\text{свердл. №2}} - D_{\text{свердл. №1}}}{2},$$

$$(S_0, v, n, T_0).$$

5.1.7. ВИЗНАЧИТИ РЕЖИМИ ОБРОБЛЕННЯ ОТВОРУ ПРИ ЗЕНКЕРУВАННІ ОТВОРУ

$$t = \frac{D_{\text{зенкерув.}} - D_{\text{свердл. №2}}}{2},$$

$$s_0, v, n, T_0.$$

5.1.8. ВИЗНАЧИТИ РЕЖИМИ ОБРОБЛЕННЯ ОТВОРУ ПРИ РОЗВЕРТУВАННІ (ЧОРНОВОМУ)

$$t = \frac{D_{\text{розверт. (чорн.)}} - D_{\text{зенкерув.}}}{2},$$

$$s_0, v, n, T_0.$$

5.1.9. ВИЗНАЧИТИ РЕЖИМИ ОБРОБЛЕННЯ ОТВОРУ ПРИ РОЗВЕРТУВАННІ ОТВОРУ (ЧИСТОВОМУ)

$$t = \frac{D_{\text{розверт. (чист.)}} - D_{\text{розверт. (чорн.)}}}{2},$$

$$s_0, v, n, T_0.$$

5.1.10. РОЗРОБИТИ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ТА ТЕХНОЛОГІЧНІ КАРТИ ВІДПОВІДНО ДО ГОСТ 3.1118-82

Розробити:

1 – маршрутну карту, в якій вказати перелік операцій та їх нумерацію, а також назву та модель верстата, який використовується у кожній операції;

2 – карту ескізів на кожну операцію;

3 – операційну карту на кожну операцію, де вказати: номер та назву операції, поверхню яку треба обробити, вказати до якого розміру, різальний інструмент та його марку, пристрій для оброблення деталі, вимірювальний інструмент і його межі вимірювання, точність вимірювання.

5.1.11. ДЛЯ КОЖНОЇ ОПЕРАЦІЇ РОЗРОБИТИ СХЕМУ ОБРОБЛЕННЯ З ВКАЗАННЯМ ДОВЖИНИ ШЛЯХУ ВРІЗАННЯ ТА ШЛЯХУ ПЕРЕБІГУ РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ

5.2. АЛГОРИТМ РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ КЛАСУ «ПОРОЖНИСТІ ЦИЛІНДРИ» ВЕЛИКОГО ДІАМЕТРУ

5.2.1. ВИХІДНІ ДАНІ ЗАВДАНЬ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ (Додаток Б)

$$D_{отв}; L_{отв}; 0,32 \text{ мкм } Ra; IT7.$$

5.2.2. ПЛАН ОБРОБЛЕННЯ:

- розточування чорнове;
- розточування чистове;
- шліфування попереднє (внутрішнє);
- шліфування остаточне(внутрішнє).

5.2.3. ВИЗНАЧИТИ ПРИПУСКИ НА ОБРОБЛЕННЯ

$$h_{розточ.(чорн.)}; h_{розточ.(чист.)}; h_{шліф.(поперед.)}; h_{шліф.(остат.)}$$

5.2.4. ВИЗНАЧИТИ ДІАМЕТР ОТВОРУ ЗАГОТОВКИ ПРИ ВИКОНАННІ КОЖНОЇ ОПЕРАЦІЇ

5.2.5. ВИЗНАЧЕТИ РЕЖИМИ ОБРОБЛЕННЯ ОТВОРУ ПРИ ЧОРНОВОМУ РОЗТОЧУВАННІ

$$t, i, s_o, v, n, T_o$$

5.2.6. ВИЗНАЧИТИ РЕЖИМ ОБРОБЛЕННЯ ОТВОРУ ПРИ ЧИСТОВОМУ РОЗТОЧУВАННІ

$$t, i, s_o, v, n, T_o$$

5.2.7. ВИЗНАЧИТИ РЕЖИМ ОБРОБЛЕННЯ ОТВОРУ ПРИ ПОПЕРЕДНЬОМУ ШЛІФУВАННІ

$$t, i, s_o, v, n, T_o$$

5.2.8. ВИЗНАЧИТИ РЕЖИМ ОБРОБЛЕННЯ ОТВОРУ ПРИ ОСТАТОЧНОМУ ШЛІФУВАННІ

$$t, i, s_o, v, n, T_o$$

5.2.9. РОЗРОБИТИ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ТА ТЕХНОЛОГІЧНІ КАРТИ ВІДПОВІДНО ДО ГОСТ 3.1118-82

Розробити:

- 1 – маршрутну карту;
- 2 – карту ескізу на кожну операцію;
- 3 – операційна карта на кожну операцію.

5.2.10. ДЛЯ КОЖНОЇ ОПЕРАЦІЇ РОЗРОБИТИ СХЕМУ ОБРОБЛЕННЯ З ВКАЗАННЯМ БАЗУВАННЯ ДЕТАЛІ, ДОВЖИНИ ШЛЯХУ ВРІЗАННЯ ТА ШЛЯХУ ПЕРЕБІГУ РІЗУЧОГО ІНСТРУМЕНТУ.

ДОДАТОК А

Вихідні дані для виконання індивідуального завдання «Розробка технології виготовлення деталі з отвором малого діаметра»

Матеріал заготовки – сталь 45 (круглий прокат). Зовнішній діаметр заготовки
 $D_3 = d_o + 20$ мм, шорсткість 0,63 мкм R_a ; точність деталі IT8

№ вар.	Розміри деталі, мм		№ вар.	Розміри деталі, мм		№ вар.	Розміри деталі, мм	
	Діаметр отвору, d_o	Довжина, l_o		Діаметр отвору, d_o	Довжина, l_o		Діаметр отвору, d_o	Довжина, l_o
00	15	10	36	40	30	71	65	30
01	15	15	37	40	40	72	65	40
02	15	20	38	40	50	73	65	50
03	15	25	39	40	60	74	65	60
04	15	30	40	40	70	75	65	70
05	15	35	41	40	80	76	65	80
06	15	40	42	45	20	77	70	20
07	20	10	43	45	30	78	70	30
08	20	15	44	45	40	79	70	40
09	20	20	45	45	50	80	70	50
10	20	25	46	45	60	81	70	60
11	20	30	47	45	70	82	70	70
12	20	35	48	45	80	83	70	80
13	20	40	49	50	20	84	75	50
14	25	10	50	50	30	85	75	60
15	25	15	51	50	40	86	75	70
16	25	20	52	50	50	87	75	80
17	25	25	53	50	60	88	75	90
18	25	30	54	50	70	89	75	100
19	25	35	55	50	80	90	75	110
20	25	40	56	55	20	91	80	50
21	30	10	57	55	30	92	80	60
22	30	15	58	55	40	93	80	70
23	30	20	59	55	50	94	80	80
24	30	25	60	55	60	95	80	90
25	30	30	61	55	70	96	80	100
26	30	35	62	55	80	97	80	110
27	30	40	63	60	20	98	35	50
28	35	20	64	60	30	99	35	60
29	35	30	65	60	40			
30	35	40	66	60	50			
31	35	50	67	60	60			
32	35	60	68	60	70			
33	35	70	69	60	80			
34	35	80	70	65	20			
35	40	20						

ДОДАТОК Б

Вихідні дані для виконання індивідуального завдання «Розробка технології виготовлення деталі з отвором великого діаметра»

Матеріал заготовки – сталь 45 (вилівок) з отвором. Товщина шліфувального
круга $B_{кр}=30$ мм. Зовнішній діаметр заготовки

$D_3 = d_0 + 50$ мм; шорсткість деталі 0,32 мкм R_a ; точність IT7

№ вар	Діаметр отвору, d_0	Довжина, l_0	№ вар	Діаметр отвору, d_0	Довжина, l_0	№ вар	Діаметр отвору, d_0	Довжина, l_0
00	85	50	36	120	55	71	150	55
01	85	55	37	120	60	72	150	60
02	85	60	38	120	65	73	150	65
03	85	65	39	120	70	74	150	70
04	85	70	40	120	75	75	150	75
05	85	75	41	120	80	76	150	80
06	85	80	42	130	50	77	155	50
07	90	50	43	130	55	78	155	55
08	90	55	44	130	60	79	155	60
09	90	60	45	130	65	80	155	65
10	90	65	46	130	70	81	155	70
11	90	70	47	130	75	82	155	75
12	90	75	48	130	80	83	155	80
13	90	80	49	135	50	84	160	50
14	95	50	50	135	55	85	160	55
15	95	55	51	135	60	86	160	60
16	95	60	52	135	65	87	160	65
17	95	65	53	135	70	88	160	70
18	95	70	54	135	75	89	160	75
19	95	75	55	135	80	90	160	80
20	95	80	56	140	50	91	165	50
21	100	50	57	140	55	92	165	50
22	100	55	58	140	60	93	165	55
23	100	60	59	140	65	94	165	60
24	100	65	60	140	70	95	165	65
25	100	70	61	140	75	96	165	70
26	100	75	62	140	80	97	165	75
27	100	80	63	145	50	98	170	50
28	110	50	64	145	55	99	170	55
29	110	55	65	145	60			
30	110	60	66	145	65			
31	110	65	67	145	70			
32	110	70	68	145	75			
33	110	75	69	145	80			
34	110	80	70	150	50			
35	120	50						

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Криворучко О. М. Методичні вказівки до виконання індивідуальних завдань з дисципліни «Технологія обробки типових деталей та складання машин» для студентів за фахом 7.090202 заочної форми навчання / О. М Криворучко. – Дніпропетровськ: НМетАУ, 2013. – 24 с.
2. Маракулин И. В. Краткий справочник технолога тяжелого машиностроения / И. В. Маракулин. – М.: Машиностроение, 1987. – 464 с.
3. Обработка металлов резанием: Справочник технолога / Под ред. А. А. Панова. – М.: Машиностроение, 1988. – 736 с.
4. Справочник технолога-машиностроителя / Под ред. А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985. – Т. 1. – 665 с.
5. Справочник технолога-машиностроителя / Под ред. А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985. – Т. 2. – 496 с.
6. Ткачев А. Г., Шубин И. Н. Типовые технологические процессы изготовления деталей машин: Учебное пособие / А. Г. Ткачев, И. Н. Шубин. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2004. – 112 с.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Які деталі відносяться до класу «Порожністі циліндри»?
2. Які отвори можуть бути в деталях типу «Порожністі циліндри»?
3. З яким співвідношенням L/D найчастіше застосовують втулки?
4. Приведіть приклади втулок, які найчастіше застосовуються.
5. З якою точністю виконуються діаметри зовнішніх поверхонь і отворів у втулок?
6. Які вимоги до якості поверхневого шару металу втулок?
7. Чому при базуванні втулок слід віддавати перевагу базуванню по отвору?
8. Приведіть приклади видів і методів оброблення внутрішніх циліндричних поверхонь малого діаметра, проаналізуйте їх.
9. Приведіть приклади видів і методів оброблення внутрішніх циліндричних поверхонь великого діаметра, проаналізуйте їх.
10. На яких верстатах проводять оброблення отворів у втулках?
11. Який інструмент використовують для лезового оброблення отворів втулок?
12. З якою метою використовують направляючі втулки кондуктора при обробленні отворів?
13. Які види зенкерів використовують при обробленні отворів втулок?
14. З якою метою при обробленні отворів втулок використовують розвертки?
15. Що представляє собою комбінований інструмент для оброблення отворів?
16. Приведіть приклади схем розточування на токарних верстатах.
17. Які існують три основні способи розточування отворів на горизонтально-розточних верстатах?
18. Чим відрізняється метод протягування отворів від прошивання?
19. Приведіть схеми шліфування на внутрішньо шліфувальних верстатах.
20. В чому полягає метод хонінгування отворів?
21. Приведіть приклад типового технологічного процесу оброблення втулок.
22. Як визначити глибину різання при свердлінні отвору?
23. Як визначити глибину різання при розсвердлюванні отвору?
24. Приведіть формулу для визначення машинного (технологічного часу) необхідного для свердління на прохід.
25. Приведіть формулу для визначення машинного (технологічного часу), необхідного для оброблення отвору внутрішнім шліфуванням з поперечною подачею на кожний хід столу.
26. Яка інформація приводиться в маршрутній карті?
27. Яка інформація приводиться в карту ескізів?
28. Яка інформація приводиться в операційній карті на кожну операцію?

Навчально-методична література

Паливода Ю.Є., Дячун А.Є.

**Технологія виготовлення деталей класу
«Порожністі циліндри» (втулки)**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до практичних занять та виконання індивідуальних завдань
з дисциплін
“Технологія обробки типових деталей та складання машин”
та “Технологія машинобудування”**

Комп’ютерне макетування та верстка *А. П. Катрич*

Формат 60x90/16. Обл. вид. арк. 1,52. Тираж 15 прим. Зам. № 3200.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя.

46001, м. Тернопіль, вул. Руська, 56.

Свідоцтво суб’єкта видавничої справи ДК № 4226 від 08.12.11.