



ЛІТЕРАТУРА

НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНА

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний
університет імені Івана Пулюя

*Кафедра інжинірингу
машинобудівних технологій*

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

для практичної роботи на тему
«Розроблення технологічних процесів обробки
ступінчастих валів»

з дисципліни

«Технології та устаткування
машинобудівних виробництв»

для практичних занять і самостійної роботи
здобувачів освітнього рівня бакалавр
за спеціальністю 131 “Прикладна механіка”
та блоку вибіркових дисциплін інших спеціальностей.

Тернопіль
2021

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

Рецензент: Паливода Ю.Є., канд. техн. наук, доцент.

Збірник індивідуальних завдань розглянуто й схвалено на засіданні методичного семінару кафедри інжинірингу машинобудівних технологій Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

Протокол № 6 від 19 лютого 2021 р.

Схвалено та рекомендовано до друку на засіданні методичної ради факультету інженерії машин, споруд та технологій Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

Протокол № 5 від 24 лютого 2021 р.

Методичні вказівки на тему: “Розроблення технологічних процесів обробки ступінчастих валів” з дисципліни “Технології та устаткування машинобудівних виробництв” для практичних занять і самостійної роботи здобувачів освітнього рівня бакалавр за спеціальністю 131 “Прикладна механіка” та блоку вибіркових дисциплін інших спеціальностей / Укладач : Дячун А.Є. – Тернопіль, 2021. – 50 с.

Відповідальний за випуск: к.т.н., доц. Дячун А.Є.

© Дячун А.Є. 2021

© Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя 2021

ЗМІСТ

Розроблення технологічних процесів обробки ступінчастих валів.....	4
1.1 Службове призначення валів.....	4
1.2 Класифікація ступінчастих валів.....	4
1.3 Матеріали та способи отримання заготовок для ступінчастих валів...	4
1.4 Попередня обробка заготовок.....	6
1.5 Токарна обробка ступінчастих валів.....	7
1.6 Обробка шпонкових канавок на ступінчастих валах.....	10
1.7 Обробка шліців на ступінчастих валах.....	11
1.8 Нарізання різьби на валах.....	13
1.9 Методи нарізання черв'яків, циліндричних та конічних зубів валів- шестерень.....	13
1.10 Шліфування шийок та торців валів.....	15
1.11 Способи остаточної обробки зубів.....	15
1.12 Шліфування шліців.....	16
1.13 Накатування рифлень.....	17
1.14 Типові технологічні процеси виготовлення валів.....	17
1.15 Технологічний аналіз креслення деталі.....	26
1.16 Опис конструкції та службового призначення деталі.....	28
1.17 Аналіз технічних вимог на оброблювану деталь. Методи їх забезпечення та контролю.....	29
1.18 Вибір та обґрунтування технологічних баз.....	29
1.19 Розробка маршруту механічної обробки.....	31
1.20 Вибір і обґрунтування технологічного обладнання та оснащення.....	33
Завдання.....	35
Приклад виконання.....	35
Література	50

РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ОБРОБКИ СТУПІНЧАСТИХ ВАЛІВ

Мета: *Розробити технологічний процес обробки ступінчастих валів*

1.1 Службове призначення валів

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

В загальному машинобудуванні зустрічаються вали безступінчасті та ступінчасті, суцільні та пустотілі, гладкі та шліцові, вали-шестерні, а також комбіновані у різноманітному сполученні. За формою геометричної осі вали можуть бути прямими, колінчастими, кривошипними та ексцентриковими (кулачковими).

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

1.2 Класифікація ступінчастих валів

Найбільш поширені в машинобудуванні, у тому числі у верстатобудуванні, різноманітні ступінчасті вали середніх розмірів, серед яких мають перевагу гладкі. Більше 85% загальної кількості типорозмірів ступінчастих валів в машинобудуванні складають вали довжиною 150 - 1000 мм. Класифікація ступінчастих валів середніх розмірів, що використовується в машинобудуванні, наведена у табл. 1.1.

1.3 Матеріали та способи отримання заготовок для ступінчастих валів

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

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

Заготовки отримують відрізанням від гарячекатаних або холоднокатаних прутків та відразу ж піддають механічній обробці. Заготовки такого типу вико-

ристовують у дрібносерійному та одиничному виробництві, а також при виготовленні валів з невеликою кількістю ступенів і незначною різницею їх діаметрів. У виробництві з великою програмою випуску, а також при виготовленні валів більш складних за конфігурацією зі ступенями з великою різницею діаметрів заготовки доцільно отримувати методами пластичного деформування: куванням, штампуванням, періодичним прокатуванням, стискуванням на ротаційно-кувальних машинах, електровисадкою. Ці методи дозволяють отримати заготовки за формою та розмірами найбільш близькі до готової деталі, що значно підвищує продуктивність механічної обробки та значно зменшує металомісткість.

Таблиця 1.1

Класифікація ступінчастих валів діаметром 30 - 80 мм, довжиною 150 - 1000 мм

Тип		Група		
Найменування	Позначення	Найменування	Позначення валів довжиною, мм	
			150-500	500-1000
Вал без центрального отвору	1	Вал без шліців та зубчастих коліс (гладкий вал)	1-1-1	1-11-1
		Вал зі шліцами	1-1-2	1-11-2
		Вал-шестерня без шліців	1-1-3	1-11-3
		Вал-шестерня циліндричний зі шліцами	1-1-4	1-11-4
		Вал-шестерня конічний зі шліцами	1-1-5	1-11-5
Вал з центральним отвором	2	Вал без шліців та зубчастих коліс	2-1-1	2-11-1
		Вал зі шліцами	2-1-2	2-11-2
		Вал-шестерня зі шліцами	2-1-3	-
		Вал-рейка		2-11-3

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

При механічній обробці валів на настроєних та автоматизованих верстатах висуваються підвищені вимоги до точності заготовки. Для отримання таких заготовок використовують перспективний та високопродуктивний метод обробки ступінчастих валів - поперечно-гвинтова прокатка на тривалкових станах. Робота тривалкових станів легко піддається автоматизації, включаючи рух подачі заготовки, її нагрівання, прокатку, розрізування на мірні заготовки, охолодження прокату, укладання та упакування. Існує також метод радіального

стиснення. Отримані цим методом заготовки мають малі припуски, високу точність ($\pm 0,02 - 0,2$ мм), та шорсткість поверхні $Ra\ 0,63 - 0,32$ мкм.

1.4 Попередня обробка заготовок

У механічних цехах середнього та малого масштабу попередня обробка заготовок зазвичай відбувається в заготівельному відділенні, яке часто розташовується біля цехового складу заготовок та матеріалів. При наявності на заводі одного або декількох великих механічних цехів замість заготівельних відділень облаштовують самостійний заготівельний цех, яких обслуговує усі металообробні цехи заводу.

В заготівельному відділенні або цеху прокат у вигляді прутків піддають правці, обдиранню, розрізанню, центруванню. Поковки та штамповки також проходять заготівельні операції: фрезерування та центрування торців, обдирання та попереднє розточування отворів.

Заготівельні операції для прутків зазвичай виконуються у такій послідовності: правка, безцентрове обдирання, розрізання; центрування (якщо пруток призначено для подальшої обробки на револьверному верстаті або автоматі, центрування прутка не виконують), контроль виконаних операцій.

Перед початком механічної обробки прутковий матеріал та заготовки для валів правлять у холодному стані. Заготовки у вигляді поковок та штамповок при значному їх діаметрі та довжині правлять у нагрітому стані під молотами.

Прутки і заготовки для валів можна правити на пресах - ручних гвинтових, ексцентрикових, гідравлічних, пневматичних та фрикційних. Перед правкою вали перевіряють у центрах. При цьому визначають місця, що підлягають правці. Після цього їх правлять на пресах за допомогою призм.

При великій кількості прутки та заготовки правлять на спеціальних правильних верстатах.

Для обдирки прутків використовують бесцентрово-обдирні верстати, на яких можна виконувати обдирання пруткового матеріалу діаметром від 15 до 80 мм, довжиною до 7 м.

Прутки та вали розрізають на приводних ножівках, на пилах - дискових, стрічкових, фрикційних, електрофрикційних, та токарно-відрізних верстатах (з одним або двома відрізними різцями), відрізних автоматах, що працюють тонким абразивним кругом (використовуються для розрізання загартованої сталі та труб). В механічних цехах розрізування інколи виконують на фрезерних верстатах прорізними фрезами. Прутковий матеріал можна розрізати також на пресах та ножицями, що використовується головним чином в заготівельних відділеннях ковальських цехів.

Крім вказаних вище способів прутки, труби і заготовки (штамповки, поковки, відливки) можна розрізувати на звичайних токарних, горизонтально-фрезерних та стругальних верстатах. Всі ці способи менш продуктивні і використовуються не в спеціалізованих заготівельних цехах, відділеннях, а в неспеціалізованих.

личких механічних цехах. Розрізування на горизонтально-фрезерних верстатах відрізними фрезами використовується найчастіше.

Центрові отвори у деталях типу валів є базою для ряду операцій: обточування, нарізання різьби, шліфування, нарізання шліців та інших, а також для правки і перевірки деталей, що виготовляються. При ремонтних роботах центровими отворами користуються, як базами для обточування зношених поверхонь або пошкоджених поверхонь шийок валів для правки, шліфування, контролю та при інших операціях.

При такому великому значенні центрових отворів центрування необхідно виконувати дуже ретельно: центрові отвори повинні бути правильно засвердленими і мати певні розміри, конусність їх повинна точно співпадати з конусністю центрів верстата. При недотриманні цих вимог центрові отвори швидко втрачають форму та розміри і ушкоджують центри верстата.

Центрування заготовок виконують на вертикально- та горизонтально-свердлильних, токарних та револьверних верстатах, а в серійному та масовому виробництвах - на спеціальних одно- або двобічних центрувальних верстатах, а також на фрезерно-центрувальних верстатах. Центрування заготовок як правило виконують спеціальними комбінованими центрувальними свердлами, а після термічної обробки валів центрувальні отвори виправляють на центрошліфувальних верстатах. Деякі моделі фрезерно-центрувальних верстатів дозволяють окрім фрезерування торців та центрування отворів також обточувати крайні шийки валу з одного установу, що створює, таким чином, основні технологічні бази з мінімальними похибками. Більшість фрезерно-центрувальних верстатів можна вмонтовувати в автоматичну лінію. Двобічний фрезерно-центрувальний верстат має дві позиції для закріплення заготовки, на яких проводиться послідовно фрезерування та центрування. Фрезерно-центрувальні верстати барабанного типу одночасно фрезерують та центрують дві заготовки без знімання їх з верстату. Ці верстати продуктивні, але громіздкі і складні в налагодці. В існуючих автоматичних лініях використовують верстати для фрезерування торців і верстати для центрування.

1.5 Токарна обробка ступінчастих валів

Зовнішні поверхні ступінчастих валів обточують на токарних, токарно-копіювальних, горизонтальних багаторізцевих верстатах, на вертикальних одношпиндельних та багатошпиндельних автоматах, а також на верстатах з ЧПК. Деталі встановлюють в центрах верстата або закріплюють у патроні чи на планшайбі. Заготовки коротких деталей, поковки, штамповки, відливки закріплюють у трьохкулачкових і рідше у чотирьохкулачкових патронах. Вали з відношенням довжини до діаметра більше 12 обточують з використанням рухомих та нерухомих лонетів.

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

Ступінчасті вали обробляють на токарних гідро-копіювальних напівавтоматах. Такі верстати легко вмонтовуються в автоматичні лінії. Обточують вали зазвичай одним різцем, який розташований у верхньому супорті, що переміщується по копіру. Підрізи або канавкові різці розташовуються у нижньому супорті. Верстат налаштовують на розмір тільки по одній шийці вала, оскільки отримання інших розмірів забезпечується копіром та слідкуючою системою верстата. Обточувати вали на гідро-копіювальних верстатах можна за 1, 2, 3 та 4 проходи. Кожний прохід здійснюється по окремому копіру. Після кожного проходу супорт з різцем переміщується у початкове положення, а барабан, на якому встановлені всі копії, обертається у відповідне положення.

Сучасні токарно-копіювальні верстати на 50 - 100% продуктивніші універсальних токарних, їх виготовляють в достатньо широкому діапазоні типорозмірів. На токарно-копіювальних верстатах сучасних моделей можна виконувати чорнову обробку багаторізцевим супортом, а чистове обточування -- однорізцевим копіювальним супортом, при чому при закріпленні вала торцевим повідком обробку можна робити з одного установа. Останні моделі деяких токарно-копіювальних верстатів мають декілька (до п'яти) копіювальних супортів, що рухаються незалежно один від одного.

Завдяки суміщенню в одній операції декількох переходів та використуванню багатоінструментальних наладок у серійному виробництві на токарно-револьверних верстатах здійснюють різноманітну багатоперехідну обробку валів та втулок замість роздільного використання тих же переходів на токарних, свердлильних та інших верстатах.

На багатошпиндельних вертикальних напівавтоматах безперервної дії при установці в центрах обробляють деталі типу валів. На цих верстатах за одну установку заготовку обробляють тільки на одній позиції, при чому при обробці знаходиться одночасно декілька (за кількістю шпинделів мінус один) заготовок. Отже, декілька заготовок обробляють якби одночасно на декількох одношпиндельних автоматах, що налаштовані на одну й ту ж операцію. Багатошпиндельні автомати безперервної (паралельної) дії призначені для обробки валів нескладної форми в центрах або патронах. На них обточують поверхні, розточують отвори, підрізають торці або здійснюють комбінацію цих переходів

при попередній та кінцевій обробці. Наладки напівавтоматів дозволяють здійснювати одно -, дво -, та три- циклову обробку заготовок.

В умовах серійного виробництва операції токарної обробки валів доцільно виконувати на верстатах з ЧПК. Ці верстати забезпечують ефективне зняття стружки на чорнових та чистових переходах, допускають практично необмежену концентрацію в одному установі різних видів робіт. На верстатах з ЧПК забезпечується максимальна автоматизація процесу обробки при мінімальному об'ємі ручних робіт. Робочі та допоміжні рухи різального інструменту, зміна режимів різання, подача охолоджувальної рідини, зміна різальних інструментів та тому подібне виконується автоматично. Для скорочення часу зняття та установки верстати обладнують автоматичними патронами, механізують або автоматизують переміщення задньої бабки та пінолі. Для скорочення витрат часу на переналадку та підналадку на деяких верстатах можлива заміна інструменту без припинення автоматичного циклу. Суттєво скорочується також простій верстата, пов'язаний із замірами деталей, за рахунок використання вимірювальних щупів та введення корекцій у процес обробки.

Висока концентрація обробки на одному верстаті дозволяє довести до мінімуму кількість установів та переустановів заготовок, пов'язаних з участю робітника. Заготовки, деформація яких при зніманні великих припусків не виходить за межі, передбачені технічними вимогами до операції, необхідно обробляти як правило за один-два установи.

Заготовки для центрових робіт, що подаються на верстати з ЧПК, повинні мати центрові отвори і хоча б один оброблений торець.

У серійному виробництві токарні верстати з ЧПК можна ефективно використовувати не тільки для повної токарної обробки, але й в технологічному процесі поряд з токарними верстатами з ручним управлінням, револьверними верстатами, копіювальними та іншими напівавтоматами. При цьому на верстатах з ЧПК доцільно оброблять точні та взаємозв'язані поверхні, поверхні складної форми, наприклад, конуси, сфери, канавки. На верстатах з ручним управлінням виконують попередню підготовку центральних отворів, центрових гнізд та торців валів; поверхонь під затискання та встановлення заготовок в люнети; обробку на шліцьових та циліндричних оправках та інших спеціальних пристосуваннях без точної орієнтації вздовж осі обробки, нарізання різьби, накатування рифлень, зняття фасок напилком та полірування, а також поверхонь, що виготовляються за попередніми замірами.

Вимоги до технологічності конструкції деталей типу тіл обертання з урахуванням особливостей їх обробки на верстатах з ЧПК зводяться до наступного.

1. Деталь повинна бути утворена із поверхонь, конфігурація яких дозволяє їх утворення при обертанні заготовки відносно осі. Кожна із поверхонь повинна бути відкрита з однієї із сторін для підводу різального інструменту при його переміщенні, що забезпечує утворення поверхні.

Для обробки на звичайних токарних верстатах найбільш технологічною вважається форма виробу, яка складається з як найменшої кількості циліндрич-

них ділянок (ступеней) та прямих торців. Для верстатів з ЧПК утворення більшої кількості циліндричних та конічних ступіней, сферичних та інших фасонних поверхонь не пов'язано з перешкодами їх виготовлення, але незначно збільшує трудомісткість програмування. Використання токарних верстатів з ЧПК відкриває можливість поліпшення функціональних властивостей виробів за рахунок конструювання виробів складної форми, які більше відповідають своєму призначенню за конфігурацією. З розширенням використання верстатів з ЧПК суттєво збільшується застосування виробів складної форми.

2. Конфігурація виробу повинна дозволяти її повну (чорнову чи чистову) обробку на одному установі. Для цього заготовка (виріб) повинна бути достатньо жорсткою, не деформуватися при знятті великого припуску або від сил затискання; мати достатню поверхню під затискні кулачки при обробці в патроні, місце для кулачків або повідків при обробці в центрах. Заготовка, крім того, не повинна потребувати термічної обробки поміж чорновими та чистовими операціями.

3. Поверхні виробу, що обробляють, не повинні перетинатися поверхнями, що виступають і не можуть бути утворені при обертанні. Наявність таких поверхонь заважає підходу звичайного інструменту, супортів, дуже часто потребує використання спеціального інструменту з великими вильотами.

4. Усі пов'язані технічними вимогами поверхні виробу повинні бути доступні для обробки на одному установі. При цьому у заготовок, що обробляють у патроні, розміри зовнішніх поверхонь повинні збільшуватися при приближенні до патрону, а розміри внутрішніх поверхонь - зменшуватися.

5. Місця стикання циліндричних, конічних, криволінійних поверхонь з торцевими поверхнями повинні за можливістю бути одного радіусу, якщо в цих місцях немає канавок, виточок або інших елементів.

6. Канавки, виточки, заглиблення на зовнішній та внутрішній поверхнях бажано відповідно уніфікувати, забезпечивши можливість їх утворення одним різцем для зовнішньої обробки і одним - для внутрішньої.

Різке скорочення витрат при обробці виробів на верстатах з ЧПК, як показують розрахунки, може бути досягнуто за рахунок широкого використання типізованих технологічних рішень, перевірених в конкретних виробничих умовах.

З метою типізації операційної технології усю різноманітність поверхонь виробу поділяють на основні та додаткові форми.

1.6 Обробка шпонкових канавок на ступінчастих валах

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

Шпонкові канавки виготовлюють різними способами в залежності від конфігурації канавки та виду використовуваного інструменту. Вони виготов-

ляються на горизонтально-фрезерних або вертикально-фрезерних верстатах загального призначення або спеціальних.

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

Для отримання за шириною точних канавок застосовуються спеціальні шпонково-фрезерні верстати з маятниковою подачею, що працюють кінцевими двоспіральними фрезами з лобовими різальними кромками. При цьому способі фреза врізається на 0,1 - 0,3 мм і фрезерує канавку на всю довжину, потім знову врізається на ту ж глибину і фрезерує канавку знову на всю довжину, але в іншому напрямку і так далі. Цей метод є найбільш раціональним для виготовлення шпонкових канавок в серійному та масовому виробництвах. Недоліком цього способу є значно більша витрата часу на виготовлення канавки в порівнянні з фрезеруванням за один прохід і тим паче з фрезеруванням дисковою фрезою.

Наскрізні шпонкові канавки валів можна обробляти на стругальних верстатах. Канавки на довгих валах стругають на поздовжньо-стругальних верстатах. Канавки на коротких валах стругають на поперечно-стругальному верстаті. Ці способи поширені в індивідуальному та дрібносерійному виробництвах.

Шпонкові канавки під сегментні шпонки виготовляють фрезеруванням за допомогою кінцевих дискових фрез.

1.7 Обробка шліців на ступінчастих валах

Шліци на валах виготовляють: фрезеруванням з наступним шліфуванням, шліцьонакатуванням, протягуванням, шліцьоструганням.

У неавтоматизованому серійному виробництві зазвичай нарізують шліци на шліцьофрезерних або зубофрезерних верстатах черв'ячною фрезою методом обкатування. Нарізати шліци можна за один або два робочих ходи залежно від потрібної точності. Можна використовувати багатозахідну черв'ячну фрезу для чорнового фрезерування, яка збільшує продуктивність, але потрібної точності не дає.

Шліци валів невеликих діаметрів (до 100 мм) фрезерують за один прохід, великих діаметрів - за два проходи.

Чорнове фрезерування шліців, особливо великих діаметрів інколи проводиться фрезами на горизонтально-фрезерних верстатах, що мають ділильні механізми. Методом копіювання виготовляють шліци за допомогою шліцьової дискової фрези; роздільно за допомогою трьох фрез (спочатку двома фрезами фрезерують бокові поверхні шліців, а потім третьою фрезою внутрішню поверхню шліців); двома дисковими фасонними фрезами. Чистове фрезерування шліців дисковими фрезами дозволяється у випадку відсутності спеціального верстата або інструмента, тому що воно не дає достатньої точності за кроком і шириною шліців. Існує метод нарізання прямобічних шліців попереднім фрезеруванням фасонними дисковими фрезами і чистовим фрезеруванням бокових поверхонь шліців торцевими фрезами, оснащеними пластинами із твердого сплаву.

Стругання шліців на валах відбувається набором фасонних різців, зібраних у головці. Їх кількість і профіль відповідають кількості шліців і профілю впадини між шліцами валу. Кількість подвійних ходів головки визначається глибиною різання за один робочій хід. За кожний подвійний хід різці сходяться радіально на величину подачі. Цим методом можна обробляти як наскрізні, так і ненаскрізні шліци. В останньому випадку передбачається канавка для виходу різців глибиною не менш 6 - 8 мм і швидке відведення різців від заготовки.

Одним із методів виготовлення шліців на поверхні валів є протягування їх на горизонтально-протяжних верстатах із використанням спеціального пристосування. Для протягування наскрізних шліців використовується спеціальна протяжка з ножами, профіль різальної частини яких відповідає формі шліца. Кожний шліц протягується почергово за допомогою ділильного пристрою. Також існує шліцьопротягування за допомогою двох блочних протяжок, які складаються із набору різців-зубчат, що незалежно рухаються у радіальному напрямку. Цей метод дозволяє обробляти наскрізні і нескрізні шліци одночасно діаметрально протилежних впадин на валу з наступним поворотом валу на визначений кут після кожного ходу протяжки.

Великі перспективи має холодне протягування шліців, при якому шліци утворюються пластичним деформуванням без зняття стружки. Накатування виконується роликами, рейками та багатороликовими профільними головками. Ущільнення шару металу при накатуванні підвищує міцність шліцьових валів. У ряді випадків холодне накатування дозволяє вилучити термічну обробку і подальшу механічну. Шліци евольвентного профілю з модулем до 2,5 мм отримують холодним накатуванням двома або трьома роликами. Шліци довжиною до 80 - 100 мм можна накатувати рейками. Для накатування шліців високої точності заготовки повинні бути попередньо оброблені по зовнішньому діаметру. Діаметр заготовки являє собою середнє-арифметичне між діаметром кола виступів і діаметром кола впадин зуба.

Накатування шліців без нагріву деталі здійснюється також багатороликовими накатними головками. Усі шліци накатуються одночасно, без обертання

деталі на спеціальних верстатах з гідроприводом, гідрозатиском деталі та зі змінною роликовою головкою.

1.8 Нарізання різьби на валах

У конструкціях валів зустрічаються зовнішні та внутрішні кріпильні різьби.

Внутрішні різьби на валах зазвичай нарізують машинними мітчиками та різьбовими різцями на різьбонарізних, свердлильних, револьверних, агрегатних напівавтоматах та автоматах, а також токарних, фрезерних верстатах та багатоопераційних верстатах з ЧПК. Верстати повинні мати швидкий реверс шпинделя для швидкої зміни напрямку робочого обертання на зворотній, коли різьба буде нарізана до потрібної глибини. При нарізуванні глухих різьб для точної зупинки руху подачі та обертання мітчика використовують патрони, що самі вимикаються.

Зовнішні різьби на валах нарізують плашками, різьбовими фрезами, різьбонарізними головками, гребінками, різьбовими різцями, а також формуються накатуванням (один із методів пластичного деформування). Різьбу накатують інструментом з плоскою (плашки, рейки) та круглою (ролики) робочою частиною.

Калібрування різьби виконують плашками з доведеними різальними кромками.

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

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

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

У крупносерійному та масовому виробництвах нарізання черв'яків здійснюють круглим довб'яком на спеціальних або універсальних зубофрезерних верстатах, оснащених протяжним супортом.

При обробці черв'як і довб'як обертаються (їх осі обертання перетинаються під прямим кутом), а одночасно довб'як здійснює відносне переміщення вздовж осі черв'яка.

В умовах крупносерійного та масового виробництва черв'яки нарізують кільцевими різцевими головками на токарних верстатах, а також торцевою різ-

цевою головкою, яка буде оснащена пластинами із твердого сплаву, на вертикально-фрезерних верстатах, що обладнані спеціальним пристосуванням.

Нарізання черв'яків черв'ячними фрезами за методом обкату здійснюють на універсальних зубофрезерних та шліцефрезерних верстатах.

Основний метод обробки циліндричних зубів - зубофрезерування. Зубофрезерування виконують черв'ячною фрезою на одношпindelних та двошпindelних зубофрезерних верстатах за один або два проходи. У випадку, коли немає вільного виходу фрези, використовують зубодовбання. Існує також гаряче та холодне накатування зубів.

Конічні зуби виготовляють фрезеруванням дисковими та пальцевими модульними фрезами за методом копіювання на спеціальних та фрезерних верстатах. Дискові фрези використовують для чорнового нарізання прямих зубів в умовах крупносерійного виробництва та для чистового нарізання невеликих зубів невисокої точності в одиничному виробництві.

Пальцеві фрези використовують для нарізання крупних прямих та криволінійних зубів невисокої точності. Нарізання конічних прямих та косих зубів в умовах одиничного та серійного виробництва відбувається струганням на спеціальних зубостругальних верстатах методом обкатування за допомогою двох стругальних різців. Нарізання прямих крупномодульних конічних зубів здійснюють струганням одним або двома різцями по копію за чотири - п'ять робочих ходів. Цей спосіб дозволяє нарізати зуби будь-якого профілю, що визначається формою змінного копію.

Фрезерування двома дисковими фрезами за методом обкатування відбувається на спеціальних зубофрезерних верстатах в умовах крупносерійного виробництва. Так нарізують прямі та конічні зуби з прямим або бочкоподібним профілем у поздовжньому перетині.

Нарізання зубів круговою протяжкою є найбільш продуктивний метод виготовлення прямих конічних зубів невеликого діаметру методом копіювання. Профіль зуба може мати як пряму, так і бочкоподібну форму. Так нарізують зуби у масовому виробництві на спеціальних автоматах та напівавтоматах, що мають пневматичні блокувальні пристрої для контролю точності встановлення заготовки та пристрої для утворення гарантованого натягу у кінематичному ланцюгу.

Фрезерування торцевими різцевими головками використовують для нарізання конічних криволінійних зубів. Обробку здійснюють на спеціальних верстатах за методом копіювання (врізання) або обкатування. За методом копіювання заготовка залишається нерухомою, а різцева головка обертається та пересувається вздовж осі та прорізає впадину зуба. За методом обкатування заготовка та різцева головка здійснюють узгоджене обертання.

У валів-шестерень, що призначені для коробок передач, де відбувається перемикавання на ходу, для полегшення вмикання роблять закруглення торців зубів на спеціальних зубозакруглювальних верстатах за допомогою пальцевих фрез методом копіювання. У процесі роботи пальцева фреза обертається та од-

ночасно пересувається по дузі зі зворотно-поступовим рухом вздовж кромки зуба шестерні, яка періодично відводиться в осьовому напрямку, повертається навколо осі на один зуб та відводиться до фрези.

1.10 Шліфування шийок та торців валів

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

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

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

1.11 Способи остаточної обробки зубів

Остаточна чистова обробка зубів здійснюється наступними способами: обкатуванням, шевінгуванням, шліфуванням, притиркою та припрацюванням.

Обкатування - це процес отримання гладкої поверхні незагартованих зубів шляхом обертання шестерні між трьома загартованими шліфованими зубчастими колесами (еталонами). При цьому досягається деяке виправлення незначних похибок у формі зуба.

Шевінгування -- це процес чистової обробки зубів, при якому відбувається зняття дуже дрібних волосоподібних стружок. В наслідок чого значно виправляється ексцентриситет початкового кола, помилки у кроці, у профілі евольвенти та у куті підйому гвинтової лінії. Шевінгування (або інакше шевінг-процес) відбувається двома способами. За першим способом шевінгування виконується за допомогою спеціального інструменту - шевера. Шевер виконано у вигляді ріжучого зубчастого колеса з прорізними на бічних сторонах кожного зуба канавками глибиною 0,8 мм. Ці канавки утворюють ріжучі кромки, які й

знімають стружку. За другим способом шевінгування виконується за допомогою шевер-рейки, який складається з окремих зубів з канавками, що й утворюють ріжучі кромки на боках кожного зуба. Шевінгування зубів виконують до термічної обробки - загартовування. Шліфування зубів збільшує точність незагартованих та особливо загартованих зубчастих шестерень, які деформуються під час термічної обробки. Шліфування зубів з евольвентним профілем здійснюють: методом копіювання за допомогою фасонного шліфувального круга з евольвентним профілем; методом обкатки. Верстати, що працюють за методом копіювання, обладнані шліфувальним кругом, профіль якого відповідає впадині зубів. Круг шліфує обидві сторони двох сусідніх зубів. Такі верстати використовуються у масовому, крупносерійному, а інколи і середньосерійному виробництві. Метод обкатування менш продуктивний, але більш точний. Поширений спосіб шліфування зубів методом обкатування здійснюється на зубошліфувальних верстатах з двома тарілковими кругами, що розташовані один відносно одного під кутом 30° або 40° і утворюють як би профіль розрахункового зуба, за яким і відбувається обкатування зубчастої шестерні. Використовується також шліфування зубів методом обкатування одним дисковим кругом, який представляє ніби зуб рейки. Більш прогресивним методом є шліфування зубів методом обкатування на верстатах з двома дисковими абразивними кругами, що розташовані паралельно. Продуктивність цих верстатів значно вища, ніж верстатів з одним таким же кругом. Криволінійні зуби конічних шестерень шліфуються чашковим абразивним кругом. Перетин бокових сторін круга повинен мати профіль зуба рейки.

Притирка (лаппінг-процес) широко використовується для чистової, остаточної обробки зубів після їх термічної обробки замість шліфування. Суть цього способу полягає в тому, що виготовлювана шестерня обертається в зачепленні з чавунними шестернями-притирками, які обертаються та змащуються пастою-сумішшю дрібного абразивного порошку з маслом. Притирка дає поверхні високої якості, вона вирівнює нерівності та шорсткість, надає дзеркальний блиск поверхні, значно зменшує шум та підвищує плавність роботи зубчастого з'єднання.

Припрацювання зубів відрізняється від притирки тим, що притираються не шестерня з притиром, а шестерня з зубчастим колесом, які будуть працювати разом у складеній машині. Припрацювання відбувається за допомогою абразивного матеріалу, який прискорює процес припрацювання та надає зубам гладку поверхню.

1.12 Шліфування шліців

У випадку центрування шліцьових валів по зовнішньому діаметру шліфують тільки зовнішню циліндричну поверхню вала на звичайних шліфувальних верстатах.

У випадку центрування шліцьових валів по внутрішньому діаметру шліці шліфують за дві окремі операції. У першій операції шліфують тільки впадини по внутрішньому діаметру, а у другій операції - бокові сторони шліців. Вал дискретно обертається після кожного подвійного ходу стола верстата. Для об'єднання двох операцій в одну використовують верстати, на яких шліці шліфують одночасно двома кругами: один шліфує впадину, а два інших - бокові поверхні шліців.

Існує також спосіб шліфування внутрішньої та бокових поверхонь шліців одночасно фасонним кругом.

1.13 Накатування рифлень

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

1.14 Типові технологічні процеси виготовлення валів

Типові технологічні процеси механічної обробки ступінчастих валів довжиною 150 - 500 мм в крупносерійному виробництві наведені у табл. 1.2. Типові технологічні процеси механічної обробки ступінчастих валів у серійному виробництві наведені у табл. 1.3. У табл. 1.2 та 1.3 ознакою "Х" позначені операції, що виконуються, літерою "Б" позначені вали, що не підлягають термічній обробці, а літерою "З" - вали, які підлягають загартовуванню або цементації та загартовуванню, літерою "П" - вали, які підлягають покращенню. У табл. 1.4 приведені типові технологічні процеси, в яких вказано послідовність операцій, а також типи обладнання, що використовується при виготовленні валів різного призначення та конфігурації залежно від типу виробництва.

Таблиця 1.2

Типовий технологічний процес механічної обробки ступінчастих валів довжиною 150 - 500 мм у крупно-серійному виробництві

№ операції	Операції, рекомендовані верстати	Вали														
		1-1-1			1-1-2			1-1-3			1-1-4			1-1-5		
		Б	З	П	Б	З	П	Б	З	П	Б	З	П	Б	З	П
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	Фрезерування торців та центрування. Фрезерноцентрувальні верстати МР78, МР71	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2	Чорнова токарна обробка. Токарні верстати 1712П, 1722, 16К20Ф3			X			X			X			X			X
3	Термічна обробка - покращення			X			X			X			X			X
4	Чистова токарна обробка. Токарні верстати 1712П, 1722, 16К20Ф3			X			X			X			X			X
5	Токарна обробка. Токарні верстати 1712П, 1722, 16К20Ф3	X	X		X	X		X	X		X	X		X	X	
6	Накатування рифлень. Накатний верстат 5964	X	X	X												
7	Попереднє шліфування. Круглошліфувальні верстати 3М151, 2М151Ф2					X					X	X	X	X	X	X

Продовження таблиці 1.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
8	Фрезерування шпонкових пазів. Шпонково-фрезерний верстат ДФ-96 для прямокутних пазів та 1296 для сегментних пазів	X	X	X				X	X	X	X	X	X			
9	Фрезерування шліців. Шліцьофрезерний верстат 5350А		X									X			X	
10	Фрезерування циліндричних зубів. Зубофрезерний верстат 5313							X	X	X	X	X	X			
11	Попереднє довбання зубів. Зубодовбальні верстати на базі верстатів 5В12, 514							X	X	X						
12	Довбання зубів під шевінгування. Зубодовбальні верстати на базі верстатів 5В12, 514, 5140							X	X	X						
13	Нарізання конічних зубів. Зубофрезерні верстати 5230, 5320 та на базі верстата 520													X	X	X
14	Зняття фасок на торцях зубів													X	X	X
15	Обкатування зубів													X	X	X
16	Закруглення зубів. Зубозакруглювальні верстати 5580, 5Н580							X	X	X	X	X	X			
17	Фрезерування різьби. Різьбофрезерні верстати КТ-45 та КТ-43				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Закінчення таблиці 1.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
18	Цементация							X	X	X	X	X	X			
19	Шевінгування зубів. Шевінгувальний верстат 5702В							X	X	X	X	X	X			
20	Калібрування різьби					X		X	X			X				
21	Термічна обробка - гартування		X			X			X			X			X	
22	Виправлення центрів. Центрошліфувальний верстат MB149, 3922P		X			X			X			X			X	
23	Обкатування зубів. Контрольно-обкатний верстат								X			X			X	
24	Фінішне шліфування поверхонь. Круглошліфувальні верстати 3М151А, 3М153А, 3Е153	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
25	Фрезерування шліців. Шліцефрезерний верстат 5350А				X		X				X		X	X	X	X
26	Шліфування шліців. Шліцешліфувальний верстат 3Б451П					X						X			X	
27	Калібрування різьби та зачистка задирок					X		X	X			X	X	X	X	X
28	Промивання	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
29	Кінцевий контроль	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Таблиця 1.3

Типові технологічні процеси механічної обробки ступінчастих валів у серійному виробництві

№ операції	Операції, рекомендовані верстати	Вали											
		1-1-1			1-1-2			1-1-3			1-1-4		
		Б	З	П	Б	З	П	Б	З	П	Б	З	П
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	Фрезерування торців та центрування. Фрезерноцентрувальні верстати МР78, МР71, МР37	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2	Чорнова токарна обробка. Токарні верстати 1712П, 16К20, 16К20Ф3			X			X			X			X
3	Термічна обробка - покращення			X			X			X			X
4	Чистова токарна обробка. Токарні верстати 1712П, 16К20, 16К20Ф3			X			X			X			X
5	Токарна обробка. Токарні верстати 1712П, 16К20, 16К20Ф3	X	X		X	X		X	X		X	X	
6	Попереднє шліфування. Круглошліфувальні верстати 3М151, 3А152, 3М151Ф2										X	X	X
7	Фрезерування шпонкових пазів. Консольно-фрезерні верстати 6М81Г, 6М11	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X

Закінчення таблиці 1.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
8	Фрезерування шліців. Шліцьо-фрезерний верстат 5350А					X						X	
9	Фрезерування зубів. Зубофрезерний верстат 5350							X	X	X	X	X	X
10	Закруглення зубів. Зубозакруглювальний верстат 5580							X	X	X	X	X	X
11	Шевінгування зубів. Шевінгувальні верстати 5М714, 5702							X		X	X	X	X
12	Нарізання різьби. Токарно-гвинторізні верстати 1А616, 16К20				X	X	X				X	X	X
13	Термічна обробка - гартування		X			X			X			X	
14	Остаточне шліфування поверхонь. Круглошліфувальні верстати 3М151, 3М153А	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
15	Фрезерування шліців. Шліцьо-фрезерний верстат 5350А				X		X				X		X
16	Шліфування шліців. Шліцьошліфувальний верстат 3Б451П, 3451					X						X	
17	Шліфування зубів. Зубошліфувальний верстат 5831								X			X	
18	Калібрування різьби та зачистка					X						X	
19	Промивання. Кінцевий контроль	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Таблиця 1.4

Типовий технологічний процес обробки валів

Найменування деталі. Матеріал. Розміри та технологічні вимоги	Вал ступінчастий без шліців та зубчастих вінців, без центрального отвору. Сталь. $L \leq 710$ мм, $D \leq 100$ мм. Точність обробки шийок за 6 - 14 квалітетом. Радіальне биття шийок не більше 0,025 мм. Торцеве биття 0,02 - 0,04 мм (1-1-1).				Вал ступінчастий зі шліцами та зубчастим вінцем, з центральним отвором. Сталь. $L \leq 710$ мм, $D \leq 100$ мм. Точність обробки шийок за 6 - 14 квалітетом, отвору за 7 - 14 квалітетом. Радіальне биття шийок не більш 0,025 мм. Торцеве биття 0,02 - 0,04 мм (2-1-3).							
Тип виробництва	Масовий та крупносерійний		Середньо- та дрібносерійний		Одиничний		Масовий та крупносерійний		Середньо- та дрібносерійний		Одиничний	
Заготовка	Поперечно-клиновий прокат		Штампування на молотах		Прокат		Поперечно-клиновий прокат		Штампування на молотах		Прокат	
Найменування	Обладнання											
1	2		3		4		5		6		7	
1 Фрезерна	Фрезерно-центрувальний 2Г942 або	Фрезерний ФС-006	Фрезерно-центрувальний 2Г942 або	Фрезерний ФС-006	-		Фрезерно-центрувальний 2Г942 або	Фрезерний ФС-006	-		-	
2 Центрувальна		Центрувальний ПОД-02-03		Центрувальний ПОД-02-03	-			Центрувалний ПОД-02-03	-		-	

Продовження таблиці 1.4

1	2	3	4	5	6	7
3 Токарна чорнова	Гідрокопіювальний ЕМ473 або СА820	-	-	Гідрокопіювальний ЕМ473 або СА820	-	-
4 Токарна чистова	Гідрокопіювальний ЕМ473 або СА820	-	-	Гідрокопіювальний ЕМ473 або СА820	-	-
5 Різьбоутворення	Різьботокарний 1Б922Г. Різьбофрезерний 5Б63Г	-	-	Різьботокарний 1Б922Г. Різьбофрезерний 5Б63Г	-	-
6 Повна токарна	—	Токарний з ЧПК ЕМ500Ф3	Токарно-гвинторізний 16К20	Токарний з ЧПК ЕМ500Ф3 та люнетами	Токарний з ЧПК ЕМ500Ф3	Токарно-гвинторізний 16К20
7 Шліфувальна	Круглошліфувальний 3153Е	Круглошліфувальний 3153Е	Круглошліфувальний 3У12УС	Шліфувальний 3153Е та шліфувальний з ЧПК 3М227ВФ2	Шліфувальний 3153Е та шліфувальний з ЧПК 3М227ВФ2	Круглошліфувальний 3У227В. Внутрішньошліфувальний 3К227В
8 Фрезерна	Автоматична лінія агрегатної обробки з уніфікованих вузлів	Шпонково-фрезерний ДФ860	Горизонтально-фрезерний 6Т82Ш	Автоматична лінія агрегатної обробки з уніфікованих вузлів	Шпонково-фрезерний ДФ860	Горизонтально-фрезерний 6Т82Ш

Закінчення таблиці 1.4

1	2	3	4	5	6	7
9 Свердлильна	Автоматична лінія агрегатної обробки з уніфікованих вузлів	Багатоцільовий з ЧПК IP 500	Радіально-свердлильний 2A554	Автоматична лінія агрегатної обробки з уніфікованих вузлів	Багатоцільовий з ЧПК IP 500	Радіально-свердлильний 2A554
10 Цементування	Якщо є, то обробка 11	Якщо є, то обробка 11	-	Якщо є, то обробка 11	Якщо є, то обробка 11	-
11 Токарна	Гідрокопіювальний EM473 або CA820	Токарний з ЧПК EM 500Ф3	-	Гідрокопіювальний EM473 або CA820	Токарний з ЧПУ EM 500Ф3	-
12 Термічна	СВЧ	СВЧ	Об'ємна	СВЧ	СВЧ	Об'ємна
13 Правка центрів	—	—	Ручна	—	—	Ручна
14 Шліфувальна	Круглошліфувальний 3153E	Круглошліфувальний 3153E	Круглошліфувальний 3412УС	Круглошліфувальний 3153E	Шліфувальні 3153E та 3M227ВФ2	Круглошліфувальний 3У12УС, внутрішньошліфувальний 3К227В
15 Слюсарна	+	+	+	+	+	+
16 Мийна	+	+	+	+	+	+
17 Контроль	Діаметрів на БВ6281, биття на 5755	+	+	Діаметрів на БВ6281, биття на 5755, отворів на БВ 6277	+	+

1.15 Технологічний аналіз креслення деталі

Аналіз креслення деталі – складова частина підготовки виробництва, що виконується перед проектуванням технологічних процесів виготовлення.

Мета технологічного аналізу в інженерній практиці – накопичення відомостей, необхідних для оптимального проектування, зокрема, для вибору заготовок, складу, послідовності і змісту операцій обробки, раціонального поєднання засобів оснащення.

Початкові дані для аналізу – креслення деталі з вказаними на ньому або інших документах технічними вимогами, додаткові відомості про призначення, умови роботи деталі, її розміщенні в складальній одиниці, програма випуску.

Виконанню аналізу, як правило, передують нормоконтроль креслення на відповідність діючим стандартам: нанесення точності і шорсткості, відхилень форми і розташування поверхонь, запис технічних вимог і т.д. Виконують аналіз в наступній послідовності.

Аналіз конструкції деталі

Призначення деталі у виробі, її функції

Умови роботи деталі

При аналізі призначення і умов роботи деталі виявляють можливий вплив умов на застосування того або іншого виду і способу отримання заготовки на склад і можливий зміст операцій проектного технологічного процесу.

Складність конфігурації деталі

Оцінку проводять порівнянням кількості поверхонь деталі простої форми (циліндр, площина ...) з кількістю складніших, що вимагають застосування програмованого обладнання, спеціального (фасонного і комбінованого) інструменту. Враховують загальну кількість поверхонь, що підлягають обробці, їх доступність для використання відомих методів обробки і стандартизованих інструментів.

Ступінь жорсткості деталі

Оцінку ймовірності деформації деталі під впливом сил різання і закріплення проводять за співвідношенням габаритних розмірів деталі з врахуванням конфігурації, форми перетинів, характеру зв'язку окремих поверхонь, наявності ребер жорсткості, приливів та інше. У разі недостатньої прогнозованої жорсткості пропонують заходи для усунення деформації деталі при обробці: застосування способів обробки, що виключають силову дію; використання додаткових опор, люнетів, оправок та інших пристосувань). В лімітуючих випадках проводять розрахунки допустимих зусиль різання, що виключають деформацію деталі.

Проектні і конструкторські бази

Виявляють основні і допоміжні конструкторські бази, встановлюють розмірні зв'язки між ними. Визначають розмірні ланцюги, що зв'язують основні і допоміжні бази з іншими поверхнями деталі (в основному, з функціональними). З врахуванням виявлених зв'язків аналізують можливість

поєднання в проектному технологічному процесі обробки деталі технологічних баз з конструкторськими і вимірвальними базами.

Орієнтація поверхонь деталі щодо власної системи координат

Вибирають власну систему координат і нульову точку деталі. Вигляд і розміщення системи координат щодо основних поверхонь деталі повинен враховувати форму деталі і розміщення конструкторських (проектних) баз, а іноді і власні системи координат верстатів, на яких надалі передбачається обробляти деталь. Для тіл обертання як одну з осей координат вибирають вісь центрів, а вид системи (циліндрична або прямокутна) визначають виходячи з форми деталі, характеру і розташування складних геометричних елементів.

Якщо далі належить використовувати САПР технологічних процесів, орієнтацію поверхонь деталі представляють, наприклад, у вигляді систем рівнянь (в канонічній формі) відносно вибраних осей. При необхідності підготовки керуючих програм для верстатів з ЧПК, орієнтацію відповідних поверхонь дають у вигляді списку координат або приростів опорних точок профілю в подовжніх і/або осевих перетинах деталі.

Аналіз технічних умов на деталь

Матеріал деталі, термічна обробка

Розглядають вид, марку і стандарт основного матеріалу, а також при необхідності матеріалу, яким можна замінити основний матеріал. Приводять основні вимоги до них, точний хімічний склад (включаючи домішки), механічні та інші властивості, необхідні для оцінки оброблюваності матеріалів різними методами.

Властивості аналізують в стані поставки і після термічної або зміцнюючої обробки, якщо останні передбачені. За приведеними даними оцінюють оброблюваність матеріалів традиційними і фізико-хімічними методами у разі низької оброблюваності.

Покриття, спеціальні види фінішної і зміцнюючої обробки поверхонь

Вказують вид покриття або обробки, їх призначення, особливості виконання. Визначають зміст і місце (по стадіях обробки) відповідних операцій для включення в технологічний процес обробки.

Дефекти деталі регламентовані технічними вимогами

Вказують допустимі дефекти, аналізують можливість зниження вимог до обробки ряду поверхонь, спрощення або виключення в зв'язку з цим окремих операцій. Розглядають необхідність введення еталонів для приймання деталі за дефектами.

Контрольні випробування

Вказують вигляд і умови проведення випробувань, визначають зміст і місце відповідних операцій у стадіях технологічного процесу. Оцінюють необхідність проведення після випробувань ремонту, відновлення товарного вигляду або усунення виявлених дефектів.

Особливі вимоги

Якщо вони обумовлені, виявляють необхідність введення відповідних операцій обробки, що забезпечують їх виконання.

Аналіз точності і якості обробки поверхонь деталі

Точність розмірів деталі

Аналізують точність розмірів деталі. За величиною допусків розраховують середню точність виготовлення деталі, виявляють мінімальний допуск і на цій основі оцінюють необхідну точність технологічного обладнання і оснащення, необхідність використання спеціальних методів забезпечення точності на лімітуючих операціях, у тому числі настройкою обладнання. Для поверхонь, виконуваних з точністю вище 14–12 квалітетів, з врахуванням їх форми, з таблиць середньої економічної точності альтернативні методи їх фінішної обробки.

Точність форми і взаємного розташування поверхонь

Вказують вигляд і граничні відхилення похибок, бази їх відліку; аналізують необхідність і можливості поєднання баз відліку з технологічними базами. При неможливості поєднання оцінюють дотримання відповідних вимог креслення.

Шорсткість поверхонь

Її оцінку ведуть аналогічно аналізу точності, використовуючи таблиці середньої економічної шорсткості.

Особливі фізико-механічні властивості поверхонь

Виявляють необхідні показники стану поверхневих шарів конкретних поверхонь деталі: корозійна стійкість, втомна міцність, зносостійкість, рівень і знак поверхневих напружень і т.д. Визначають необхідні заходи для забезпечення вказаних вимог при обробці (наприклад, нормуванням геометрії інструменту і його матеріалу, режимів обробки і складу технологічних середовищ, введенням додаткових дій: осциляцій, ультразвукових коливань та ін.).

1.16 Опис конструкції та службового призначення деталі

Опис необхідно виконувати в такій послідовності:

1) Описати складальну одиницю, в яку входить деталь, її експлуатаційне призначення і умови роботи в ній, характер з'єднання (рухоме, нерухоме), навантаження.

2) Якщо службове призначення деталі невідоме, то необхідно визначити до якого класу відноситься оброблювана деталь і самостійно описати службове призначення даного класу.

3) Дати характеристику і описати призначення оброблюваних поверхонь: визначити, які поверхні і розміри мають основне значення для службового призначення деталі і які – другорядне (тобто виділити і перелічити основні та другорядні поверхні деталі).

1.17 Аналіз технічних вимог на оброблювану деталь. Методи їх забезпечення та контролю

Аналіз необхідно виконувати в такій послідовності:

1) провести технологічний контроль креслення з точки зору точності і шорсткості поверхонь, точності форми та розташування поверхонь. При умові обробки даної деталі на верстаті з ЧПК можлива переробка креслення – перерахунок і простановка нових розмірів для задоволення вимог програмування;

2) виконати на форматі А4 або А3 ескіз даної деталі аналогічно робочому кресленню і присвоїти всім поверхням номери, розміщуючи їх в колі діаметром 6-8 мм по ходу годинникової стрілки і з'єднуючи їх виносною лінією з зображенням поверхні;

3) виконати аналіз технічних вимог на виготовлення – точності розмірів, шорсткості, точності форми та розташування, термообробки деталі, її суть і місце в процесі механічної обробки.

Для цього потрібно по кожній технічній вимозі розглянути:

- чому поставлена така вимога?
- як забезпечити в кінцевому її виконання?
- якими засобами можна проконтролювати дану технічну вимогу?

В результаті аналізу технічних вимог виявляється необхідність проробки конструкції на технологічність, виявляються технологічні задачі обробки деталі.

Результати аналізу зводять в таблицю 1.5

Таблиця 1.5

Аналіз технічних вимог (приклад заповнення).

Позначення поверхні (поверхонь)	Зміст технічної вимоги	Метод виконання	Метод контролю
8; 15	$30 \pm IT\ 14/2$ Ra 6,3	Чистова підрізка торців	Штангенциркуль Взірці шорсткості
9	$\varnothing 20h7$; $\sqrt{0,04\text{ ВГ}}$ Ra 1,25	Чистове шліфування із використанням єдиних технологічних баз за одну установку	Скоба спеціальна. Биттемір універсальний

1.18 Вибір та обґрунтування технологічних баз

Вибір технологічних баз в значній мірі визначає точність виконання розмірів, правильність взаємного розташування поверхонь, ступінь складності пристосувань, вибір різальних та вимірювальних інструментів.

В основі вибору технологічних баз лежать наступні загальні принципи:

- при обробці заготовок отриманих литтям або штампуванням, необроблені поверхні можна використовувати в якості баз тільки на першій операції;

- при обробці у заготовок всіх поверхонь в якості технологічних баз для першої операції доцільно використовувати поверхні з найменшими припусками, що знижує ймовірність появи “чорноти” при подальшій обробці;

- у заготовок, не всі поверхні яких обробляються, в якості технологічних баз на першій операції використовують поверхні, які взагалі не обробляються. Це забезпечує найменше зміщення оброблених поверхонь відносно необроблених;

- для зменшення похибки базування важливо дотримуватись основних правил базування: правила “шести точок”, правила “постійності баз”, правила “суміщення баз”;

- щоб вибрати технологічні бази для першої операції необхідно спочатку визначити бази для чистових операцій, так як на кресленні деталі нанесені технічні вимоги, що повинні бути реалізовані.

Перш ніж вибрати бази, необхідно чітко сформулювати завдання, що повинні бути вирішені. Ці завдання впливають з технічних вимог креслення, які проаналізовані.

В більшості випадків можна реалізувати декілька варіантів базування. Перед розробником стоїть завдання відшукати найбільш прийнятний варіант, що досягається аналізом кожного з можливих варіантів.

В деяких випадках при вирішенні питання базування заготовок розміри, що нанесені на кресленні деталі, не відповідають зв'язкам, що впливають із прийнятої схеми базування і побудови технологічного процесу. Тоді для зменшення похибки базування необхідно змінити розміри, перерахувавши технологічні допуски для нових розмірів з використанням теорії розмірних ланцюгів по методу максимум-мінімум.

Наприклад. Для базування деталі необхідно використати два отвори заготовки на циліндричний і зрізаний пальці. На кресленні задано точність отворів і міжцентрової відстані: $\varnothing 20H12$ (2 отв); $180 \pm IT14/2$. Для забезпечення базування по двом пальцям необхідно змінити точність отворів і встановити технологічну.

Для даного випадку необхідна технологічна точність для отворів буде: $\varnothing 20H7$ (2 отв); міжцентрова відстань $180 \pm IT9/2$.

Виконання вибору та обґрунтування технологічних баз необхідно проводити в такій послідовності:

- 1) Провести короткий аналіз наявності баз для забезпечення технічних вимог на деталь, обґрунтувати вибрані бази на чорнових та чистових операціях.

- 2) Накреслити теоретичні схеми базування заготовки.

1.19 Розробка маршруту механічної обробки

Перед розробкою повного технологічного процесу необхідно скласти послідовність обробки заданої деталі – маршрут обробки.

В свою чергу маршрут обробки можна скласти, намічаючи можливі технологічні методи обробки кожної поверхні деталі.

Методи і маршрути обробки вибирають з урахуванням характеру та точності вихідної заготовки, габаритних розмірів її, точності та якості деталі, типу виробництва та інших факторів. Як правило, для досягнення однієї і тієї ж кінцевої мети можливі декілька варіантів методів обробки. При цьому кількість переходів при обробці кожної поверхні в різних варіантах може виявитись різним. Перевагу віддають тому маршруту, який забезпечує найкоротший шлях для досягнення необхідних розмірів, точності, шорсткості, тобто необхідно прагнути до можливо меншого числа переходів.

В той же час можливі варіанти маршрутів обробки поверхонь необхідно перевірити на технологічну сумісність та можливість застосування їх для обробки інших поверхонь за один установ.

Вибір методів і маршрутів обробки можна рекомендувати по наступній загальній схемі рис. 1.1.

Даний пункт необхідно виконувати в такій послідовності:

- 1) Визначають поверхні заготовки, які підлягають обробці.
- 2) Потім для кожної з поверхонь намічають можливі методи і стадії обробки, які забезпечують виконання технічних вимог до цих поверхонь, згідно таблиць економічної точності.

Методів і стадій, як правило, можливо декілька.

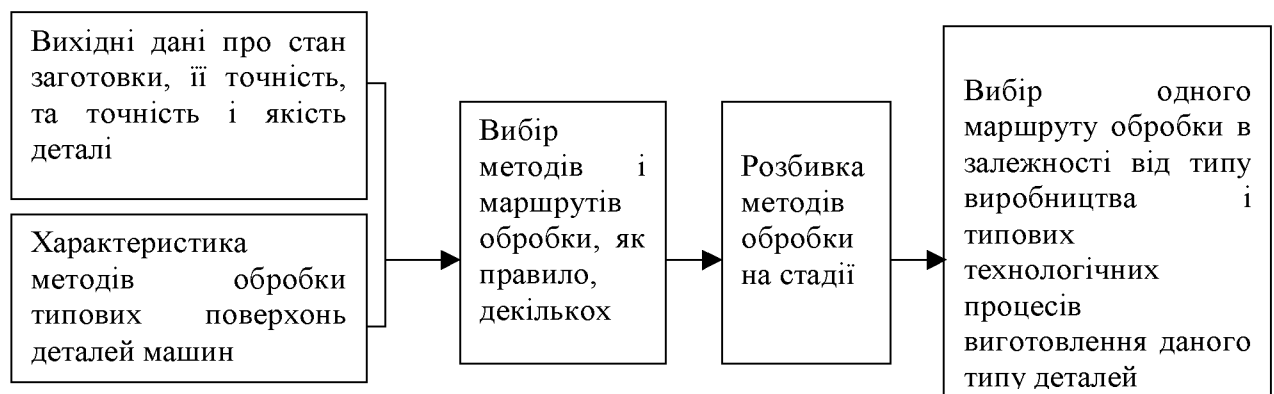


Рис. 1.1 – Схема вибору методів і маршрутів обробки деталі

Для вирішення поставлених питань 1 і 2 всі послідовні дії зводять в таблицю 1.6.

Таблиця 1.6

Методи і маршрути обробки поверхонь деталі (приклад)

№ поверхні	Вид поверхні, позначення	Вихідні параметри деталі		Варіанти методів, маршрутів обробки поверхонь			
		Квалітет (ступінь точності)	Шорсткість, мкм	1	2	3	4
1, 10	Плоска 60h10	10	Ra 2,5	1) Стругання чорнове 2) Стругання чистове	1) Фрезерування чорнове 2) Фрезерування напівчистове	1) Протягування	
5	Циліндрична внутрішня Ø60H7	7	Ra 0,63	1) Розточування напівчистове 2) Розвертання чорнове 3) Розвертання чистове	1) Розточування напівчистове 2) Розточування чистове 3) Розвертання чистове	1) Зенкерування чорнове 2) Розвертання чорнове 3) Розвертання чистове	1) Зенкерування 2) Протягування

Примітка: при назначенні маршрутів обробки поверхонь необхідно враховувати термічну обробку деталі, якщо вона є.

3) Керуючись принципами сталості баз, суміщення баз та технологічної сумісності, а також враховуючи тип виробництва, що впливає на концентрацію чи диференціацію операцій, вибирають оптимальний варіант маршруту обробки деталі. Структуру маршруту вибирають паралельно з видами обладнання. Коротко проаналізувавши варіанти, дати обґрунтування вибраного маршруту.

4) Після цього необхідно описати номери, назви і зміст операцій технологічного процесу в послідовності їх виконання та вид обладнання.

Операції нумеруються числами ряду арифметичної прогресії кратними п'яти (005, 010 і т.д.). Назви операцій записуються у формі прикметників згідно технологічного класифікатора операцій.

Приклад опису маршруту обробки.

Операція 005. Вертикально-фрезерна.

Чорнове та напівчистове фрезерування поверхні 1 на вертикально-фрезерному верстаті.

Операція 010. Вертикально-свердлильна.

Свердління, зенкерування і розвертання двох отворів 2 на вертикально-свердлильному верстаті.

Операція 015. Горизонтально-розточувальна.

Розточування напівчистове, розточування чистове, розвертання чистове отвору 5 ; підрізання торців 7 і 8 ; точіння чорнове фасок 6 і 9 на горизонтально-розточувальному верстаті.

1.20 Вибір і обґрунтування технологічного обладнання та оснащення

Вибір технологічного обладнання

Попередній вибір обладнання проводиться паралельно при розробці маршруту обробки деталі відповідно до типу виробництва.

Обладнання вибирають за головним критерієм, що найбільшою мірою виявляє його функціональне призначення і технічні можливості. Таким критерієм є вид обробки, на який розраховано верстат, відповідно до його службового призначення (токарний – для точіння, свердлильний – для свердління, зенкерування та ін.). Другим за важливістю критерієм є габаритні розміри робочої зони верстата, які повинні відповідати габаритним розмірам заготовки з урахуванням розмірів пристосування. Третім критерієм є відповідність верстата необхідній точності обробки.

Забезпечивши дотримання цих трьох основних вимог, подальший аналіз ведуть в напрямленні відповідності верстата продуктивності, можливості його механізації та автоматизації, тобто відповідності типу виробництва.

При цьому керуються наступним:

1) Верстати загального або широкого призначення (універсальні, широкоуніверсальні) застосовують у дрібносерійному та одиничному виробництвах. Частково при багатомістних наладках ці верстати застосовуються в середньосерійному виробництві.

2) Верстати високої продуктивності (токарні багаторізцеві, гідрокопіювальні, одно- і багатошпиндельні автомати і напівавтомати, безцентрово-шліфувальні, барабанно- і карусельно-фрезерні та ін.) призначені для крупносерійного та масового виробництв.

3) Спеціалізовані верстати створюють на базі верстатів високої продуктивності встановленням додаткових шпинделів та інших вузлів, за допомогою яких вони можуть бути пристосовані для виконання конкретних операцій при обробці конкретних деталей в умовах масового виробництва.

4) Спеціальні верстати проектують та виготовляють на особливе замовлення та використовують для виконання певної операції-деталі. Вони застосовуються лише в масовому виробництві.

5) Агрегатні верстати застосовують у крупносерійному та масовому виробництвах.

6) Верстати з ЧПК застосовують в умовах одиничного, дрібносерійного і середньосерійного виробництв.

В будь-якому випадку вибір технологічного обладнання повинен базуватись на аналізі витрат на реалізацію технологічного процесу при заданих точності та якості.

Вибір оснащення.

При виборі оптимального варіанту пристосування повинні враховуватись: технічні вимоги на виготовлення деталі, кількість оброблюваних деталей, необхідна продуктивність, вимоги техніки безпеки та промислової санітарії, затрати на виготовлення пристосування.

Враховуючи системи пристосувань, що сформувались в практиці сучасного машинобудівного виробництва, рекомендовано наступне застосування їх, яке приводиться в таблиці 1.7.

Таблиця 1.7

Області застосування пристосувань різних типів

Типи пристосувань	Тип виробництва
Спеціальні, нерозбірні пристосування	Масовий, крупносерійний
Збірно-розбірні пристосування (ЗРП); спеціалізовані налагоджувальні пристосування (СНП); універсально-налагоджувальні пристосування (УНП)	Середньосерійний
Універсально-налагоджувальні пристосування (УНП)	Дрібносерійний
Універсально-безналагоджувальні пристосування (УБП); Універсально-збірні пристосування (УЗП).	Дрібносерійний, одиничний

Даний пункт необхідно виконувати в такій послідовності:

1) Вказати в аналізі для кожної технологічної операції на якому верстаті буде виконуватись дана операція; при цьому повинна бути приведена коротка характеристика верстату: його назва, тип (модель), основні розміри, характеристики і потужність. Вказати типи пристосувань, що застосовують для технологічних операцій.

2) Заповнити таблицю 1.8 встановленого зразка, де вказати конкретну модель верстату, пристосування для кожної операції.

Таблиця 1.8

Вибір обладнання та оснащення (приклад)

№ операції	Назва операції	Назва і модель верстату	Пристосування
005	Вертикально-фрезерна	Вертикально-фрезерний мод. 6P12	Універсально-налагоджувальні лещата з пружинно-гідравлічним приводом
010	Координатно-розточувальна	Координатно-розточувальний мод. 2Д450.	Спеціальне з пневмозатиском із базуванням на циліндричний і зрізаний пальці та плоску поверхню.

Примітка: При вказуванні пристосування необхідно вказувати назву, шифр (якщо відомий), стандарт (якщо пристосування стандартне). Якщо шифр пристосування невідомий, то вказують основний параметр його. Наприклад: Патрон трьохкулачковий спірально-рейковий, $D=250$. Якщо пристосування спеціальне, то необхідно вказати його основні конструктивні особливості: характер базування деталі, тип затискачів.

Наприклад: кондуктор із пневмозатиском із базуванням на циліндричний палець і площину.

ЗАВДАННЯ

На основі вихідних даних в таблиці 1.9 та відповідних рисунків (номер варіанта визначається останньою цифрою залікової книжки студента) виконати:

1. Опис конструкції та службового призначення деталі.
2. Аналіз технічних вимог на оброблювану деталь. Методи їх забезпечення та контролю.
3. Розроблення маршруту механічної обробки деталі. Вибір та обґрунтування технологічних баз.
4. Вибір і обґрунтування технологічного обладнання та оснащення.

Таблиця 1.9

Дані варіантів до практичної роботи

Номер варіанта	Рисунок	Тип виробництва
0	1.2	дрібносерійний
1	1.2	середньосерійний
2	1.2	крупносерійний
3	1.3	середньосерійний
4	1.3	крупносерійний
5	1.4	дрібносерійний
6	1.4	середньосерійний
7	1.4	крупносерійний
8	1.5	середньосерійний
9	1.5	крупносерійний

ПРИКЛАД ВИКОНАННЯ

Вихідні дані представлено на рис. 1.6. Тип виробництва – крупносерійний.

1. Опис конструкції та службового призначення деталі

Основне призначення деталі “Вал” 1.6 – передача руху виконавчим органам агрегату завдяки зубчастим зачепленням та пари кулькових підшипників.

Зубчасті колеса кріпляться сегментними шпонками на поверхнях $\varnothing 28d11(-0,065/-0,195)$; $\varnothing 14h11(-0,11)$ даної деталі.

Основними поверхнями деталі для службового призначення є: зовнішні циліндричні поверхні $\varnothing 30k6(+0,015/+0,002)$, Ra 1,25, які забезпечують посадку підшипників кочення; зовнішні циліндричні поверхні $\varnothing 28d11(-0,065/-0,195)$ Rz 20; $\varnothing 14h11(-0,11)$ Rz 20 – призначені для базування зубчастих коліс за допомогою сегментних шпонок, які встановлюються в шпонкові пази 5P9 $(-0,006/-0,031)$ Rz 20; 3P9 $(-0,006/-0,031)$ Rz 20. Зовнішні циліндричні поверхні $\varnothing 30b12(-0,16/-0,37)$ Rz 80; $\varnothing 30h14(-0,52)$ Rz 80 – призначені для базування ущільнень, а також для встановлення компенсаційних втулок та кілець, які забезпечують відповідний осьовий натяг в з'єднаннях.

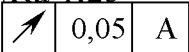
Всі решта поверхонь є другорядними.

2. Аналіз технічних вимог на оброблювану деталь. Методи їх забезпечення та контролю.

Провівши технологічний контроль креслення з точки зору точності і шорсткості поверхонь, точності форми та розташування поверхонь, присвоюємо поверхням деталі номери (рис. 1.7) та виконуємо аналіз технічних вимог на її виготовлення, методи їх забезпечення та контролю. Результати аналізу зводимо в таблицю 1.10.

Таблиця 1.10

Аналіз технічних вимог

Позначення поверхні (поверхонь)	Зміст технічної вимоги	Метод виконання	Метод контролю
1	2	3	4
1	Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 30k6(+0,015/+0,002)$; Ra 1,25 	Чистове шліфування з установкою в центрах	Взірці шорсткості Калібр-скоба ($\varnothing 30$) Індикатор
2, 15	Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 30b12(-0,16/-0,37)$; Rz 80	Напівчистове точіння	Калібр-скоба ($\varnothing 30$)
3	Торцева поверхня $37 \pm 0,3$ Rz 80	Чорнова підрізка торця	Штангенциркуль

Продовження таблиці 1.10

1	2	3	4
4	Квадрат 21h12(−0,21) Rz 80	Фрезерування однократне	Калібр-скоба (21) Штангенциркуль
5, 16	Фаска зовнішня 1×45°; Rz 80	Точіння однократне	Шаблон фасочний 1×45° спеціальний
6	Торцева поверхня 17±0,2 Rz 80	Чорнова підрізка торця	Штангенциркуль
7	Зовнішня циліндрична поверхня Ø 14h11(−0,11);Rz 20	Напівчистове точіння	Калібр-скоба (Ø14)
8	Фаска зовнішня 0,6×45°; Rz 80	Точіння однократне	Шаблон фасочний 0,6×45° спеціальний
9, 19	Торцева поверхня 205±0,5 Rz 80	Чорнова підрізка торця або фрезерування	Калібр-скоба (l=205)
10	Шпонковий паз 3P9 ($_{-0,031}^{-0,006}$), Rz 20 10,2h12($_{-0,18}$), Rz 40 Ø 13; R0,16	Фрезерування пазовою фрезою	Глибиномір b=3 мм; t ₁ =3,8 мм
20	Шпонковий паз 5P9 ($_{-0,031}^{-0,006}$), Rz 20 20h12($_{-0,21}$), Rz 40 Ø 25; R0,25	Фрезерування пазовою фрезою	Глибиномір спеціальний b=5 мм; t ₁ =8 мм
11, 13		Шліфування напівчистове	Калібр-скоба (85) Взірці шорсткості
14	Зовнішня циліндрична поверхня Ø 30h14($_{-0,52}$); Rz 80	Однократне точіння	Калібр-скоба (Ø30)
12	Зовнішня циліндрична поверхня Ø 36	Не обробляється	Штангенциркуль

Закінчення таблиці 1.10

1	2	3	4
17	Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 28d11 \begin{smallmatrix} -0,065 \\ -0,195 \end{smallmatrix}$; Rz 20  0,1 A	Напівчистове точіння з установкою в центрах	Калібр-скоба ($\varnothing 28$) Індикатор
18	Фаска зовнішня 1,6×45°; Rz 80	Точіння однократне	Шаблон фасочний 1,6×45°

3. Розроблення маршруту механічної обробки деталі. Вибір та обґрунтування технологічних баз

Перед розробкою повного технологічного процесу необхідно скласти послідовність обробки заданої деталі – маршрут обробки.

В свою чергу, маршрут обробки можна скласти, намічаючи можливі технологічні методи обробки кожної поверхні деталі.

Методи і маршрути обробки вибираємо з урахуванням характеру та точності вихідної заготовки, її габаритних розмірів, точності та якості деталі, типу виробництва та інших факторів. Як правило, для досягнення однієї і тієї ж кінцевої мети можливі декілька варіантів методів обробки. При цьому число переходів при обробці кожної поверхні в різних варіантах може виявитись різним. Перевагу віддають тому маршруту, який забезпечує найкоротший шлях для досягнення необхідних розмірів, точності, шорсткості, тобто необхідно прагнути до можливо меншого числа переходів.

В той же час можливі варіанти маршрутів обробки поверхонь необхідно перевірити на технологічну сумісність та можливість застосування їх для обробки інших поверхонь за один установ.

Даний пункт виконуємо в такій послідовності:

- 1) визначаємо поверхні заготовки, які підлягають обробці.
- 2) потім для кожної з поверхонь намічаємо можливі методи і стадії обробки, які забезпечують виконання технічних вимог до цих поверхонь.

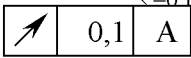
Для вирішення поставлених питань 1 і 2 всі послідовні дії зводимо в таблицю 1.11.

Таблиця 1.11

Методи і маршрути обробки поверхонь деталі

№ пов.	Вид поверхні, позначення	Вихідні параметри деталі		Варіанти методів, маршрутів обробки поверхонь	
		Квалітет (ступінь точності)	Шорсткість, мкм	1	2
1	2	3	4	5	6
1	Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 30k6 \begin{smallmatrix} +0,015 \\ +0,002 \end{smallmatrix}$;  0,05 A	k6	Ra 1,25	Ніпівчистове точіння Ніпівчистове шліфування Чистове шліфування	Ніпівчистове точіння Чистове точіння Чистове шліфування
2, 15	Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 30b12 \begin{smallmatrix} -0,16 \\ -0,37 \end{smallmatrix}$	b12	Rz 80	Напівчистове точіння	
3	Торцева поверхня $37 \pm 0,3$	IT14/2	Rz 80	Чорнова підрізка торця	
4	Квадрат $21h12 \begin{smallmatrix} -0,21 \end{smallmatrix}$	h12	Rz 80	Фрезерування однократне	
5, 16	Фаска зовнішня $1 \times 45^\circ$	IT14/2	Rz 80	Точіння однократне	
6	Торцева поверхня $17 \pm 0,2$	IT14/2	Rz 80	Чорнова підрізка торця	
7	Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 14h11 \begin{smallmatrix} -0,11 \end{smallmatrix}$	h11	Rz 20	Напівчистове точіння	
8	Фаска зовнішня $0,6 \times 45^\circ$	IT14/2	Rz 80	Точіння однократне	
9, 19	Торцева поверхня $205 \pm 0,5$	IT14/2	Rz 80	Чорнова підрізка торця	Фрезерування
10	Шпонковий паз $3P9 \begin{smallmatrix} -0,006 \\ -0,031 \end{smallmatrix}$, $10,2h12 \begin{smallmatrix} -0,18 \end{smallmatrix}$, Rz 40; $\varnothing 13$; R0,16	P9	Rz 20	Фрезерування пазовою фрезою	

Закінчення таблиці 1.11

1	2	3	4	5	6
20	Шпонковий паз 5P9 ($_{-0,031}^{-0,006}$), 20h12($_{-0,21}$), Rz 40 Ø 25; R0,25	P9	Rz 20	Фрезерування пазовою фрезою	
11, 13	Торцева поверхня 85h11($_{-0,22}$)	h11	Ra 2,5	Шліфування напівчистове	
14	Зовнішня циліндрична поверхня Ø 30h14($_{-0,52}$)	h14	Rz 80	Однократне точіння	
12	Зовнішня циліндрична поверхня Ø 36	h15	Rz 160	Не обробляється	
17	Зовнішня циліндрична поверхня Ø 28d11 ($_{-0,195}^{-0,065}$); 	d11	Rz 20	Напівчистове точіння з установкою в центрах	
18	Фаска зовнішня 1,6×45°	IT14/2	Rz 80	Точіння однократне	

Керуючись принципами сталості баз, суміщення баз та технологічної сумісності, а також враховуючи тип виробництва, що впливає на концентрацію чи диференціацію операцій, вибираємо оптимальний варіант маршруту обробки деталі. Структуру маршруту вибираємо паралельно з видами обладнання. Коротко проаналізувавши варіанти, дати обґрунтування вибраного маршруту.

Операція 005 Фрезерно-відрізна

Відрізати заготовку на фрезерно-відрізному верстаті мод. 8Г642

Операція 010 Фрезерно-центрувальна

1. Фрезерувати торці 9, 19 послідовно.
2. Центрувати два центрові отвори послідовно на фрезерно-центрувальному верстаті мод. МР-71М.

Операція 015 Токарно-копіювальна

1. Точити попередньо поверхні 17, 15, 14 по копіру.
2. Точити попередньо поверхню 17, остаточно поверхню 15, попередньо поверхню 14 з підрізкою торця 13 по копіру; точити фаску 16 і фаску 18 з поперечного супорта одночасно.

На токарно-копіювальному напівавтоматі мод. 1712.

Операція 020 Токарно-копіювальна

1. Точити попередньо поверхню 7, попередньо поверхні 1, 2, 4 по копіру.
2. Точити попередньо поверхню 7, остаточно поверхні 4 і 2, попередньо поверхню 1 з підрізкою торця 11 по копіру.
3. Точити остаточно поверхню 7, точити фаску 8 і фаску 5 з поперечного супорта одночасно.

На токарно-копіювальному напівавтоматі мод. 1712.

Операція 025 Фрезерна напівавтоматна

1. Фрезерувати дві сторони поверхні 4 одночасно.
2. Поворот на 90°.
3. Фрезерувати наступні дві сторони поверхні 4 одночасно.

На консольно-фрезерному напівавтоматі мод. ГФ-1295н1.

Операція 030 Шпонково-фрезерна

Фрезерувати шпонковий паз 10 на шпонково-фрезерному напівавтоматі мод. ДФ88А.

Операція 035 Шпонково-фрезерна

Фрезерувати шпонковий паз 20 на шпонково-фрезерному напівавтоматі мод. ДФ88А.

Операція 040 Круглошліфувальна

1. Шліфувати попередньо поверхню 14 із шліфуванням торця 13.
2. Шліфувати остаточно поверхню 14 на круглошліфувальному напівавтоматі мод. 3М151Е.

Операція 045 Круглошліфувальна

1. Шліфувати попередньо поверхню 1 із шліфуванням торця 11.
2. Шліфувати остаточно поверхню 1 на круглошліфувальному напівавтоматі мод. 3М151Е.

Операція 050 Контроль.

4. Вибір і обґрунтування технологічного обладнання та оснащення

Попередній вибір обладнання проводиться паралельно при розробці маршруту обробки деталі відповідно до типу виробництва.

Обладнання вибирають за головним критерієм, що найбільшою мірою виявляє його функціональне призначення і технічні можливості. Таким критерієм є вид обробки, на який розраховано верстат, відповідно до його службового призначення. Другим за важливістю критерієм є габаритні розміри робочої зони верстата, які повинні відповідати габаритним розмірам заготовки з урахуванням розмірів пристосування. Третім критерієм є відповідність верстата необхідній точності обробки.

Забезпечивши дотримання цих трьох основних вимог, подальший аналіз ведемо в напрямленні відповідності верстата продуктивності, можливості його механізації та автоматизації, тобто відповідності типу виробництва.

Вибір оснащення.

При виборі оптимального варіанту пристосування повинні враховуватись:

технічні вимоги на виготовлення деталі, кількість оброблюваних деталей, необхідна продуктивність, вимоги техніки безпеки та промислової санітарії, затрати на виготовлення пристосування.

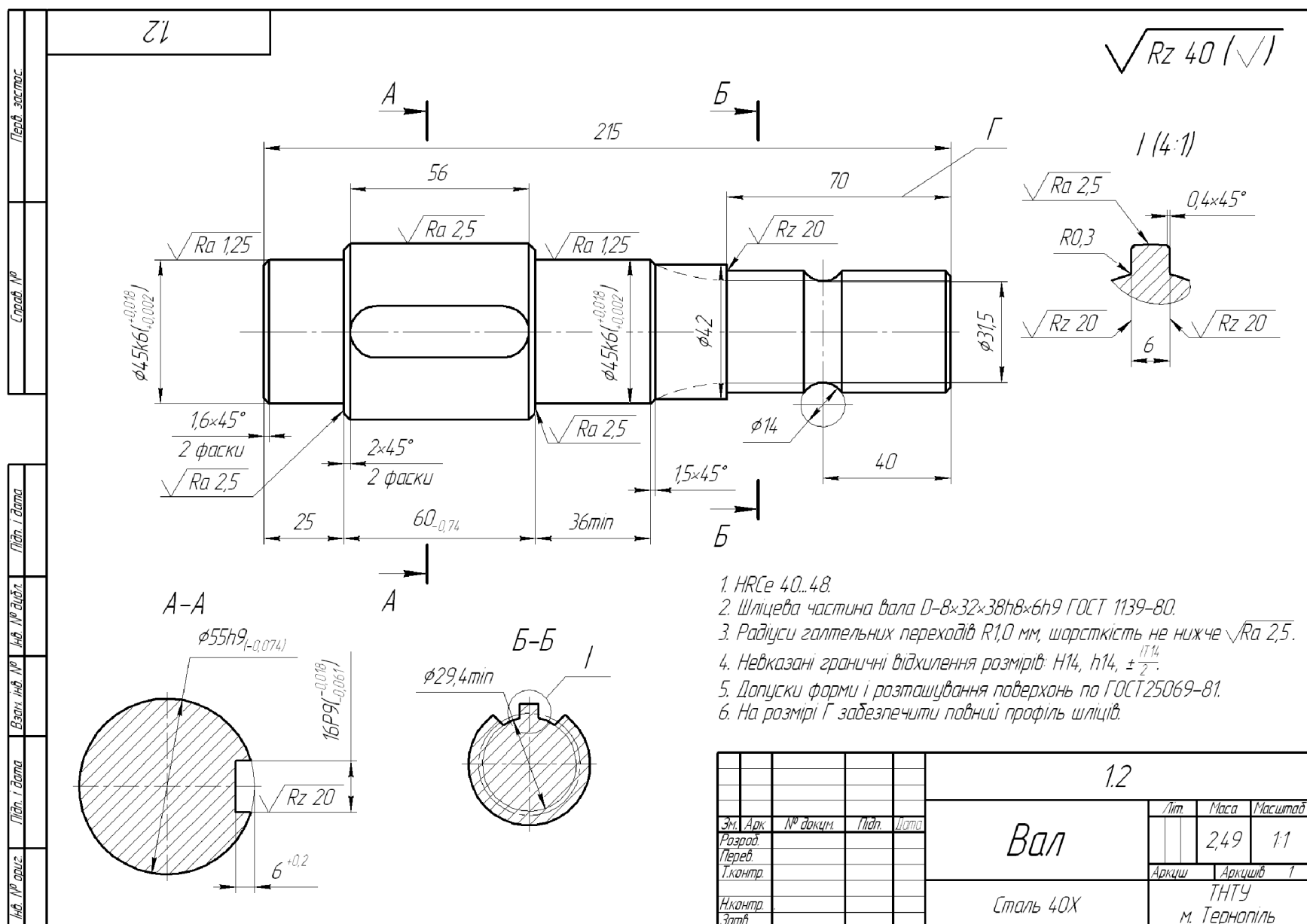
Таблиця 1.12

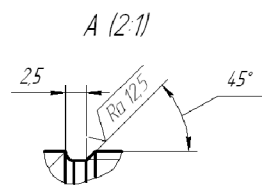
Вибір обладнання та оснащення

№ операції	Назва операції	Назва і модель верстату	Пристосування
1	2	3	4
005	Відрізна	Фрезерно-відрізний верстат мод. 8Г642	Спеціальне пристосування з базуванням заготовки на призму із упором в торець з пневмозатиском
010	Фрезерно-центрувальна	Фрезерно-центрувальний верстат мод. МР-71М	Спеціальне пристосування з базуванням заготовки на призму із упором в торець з пневмозатиском
015	Токарно-копіювальна	Токарно-копіювальний напівавтомат мод. 1712	Спеціальний повідковий патрон (несамоцентрівний) самозатискний Центр обертотий КМ5
020	Токарно-копіювальна	Токарно-копіювальний напівавтомат мод. 1712	Спеціальний повідковий патрон (несамоцентрівний) самозатискний Центр обертотий КМ5
025	Фрезерна напівавтоматна	Консольно-фрезерний напівавтомат мод. ГФ-1295н1	Спеціальне пристосування з поворотним пристроєм із базуванням циліндричною поверхнею в цанзі
030	Шпонково-фрезерна	Шпонково-фрезерний напівавтомат мод. ДФ88А	Спеціальне пристосування із базуванням циліндричною поверхнею на призми з упором в торець з пневмозатиском

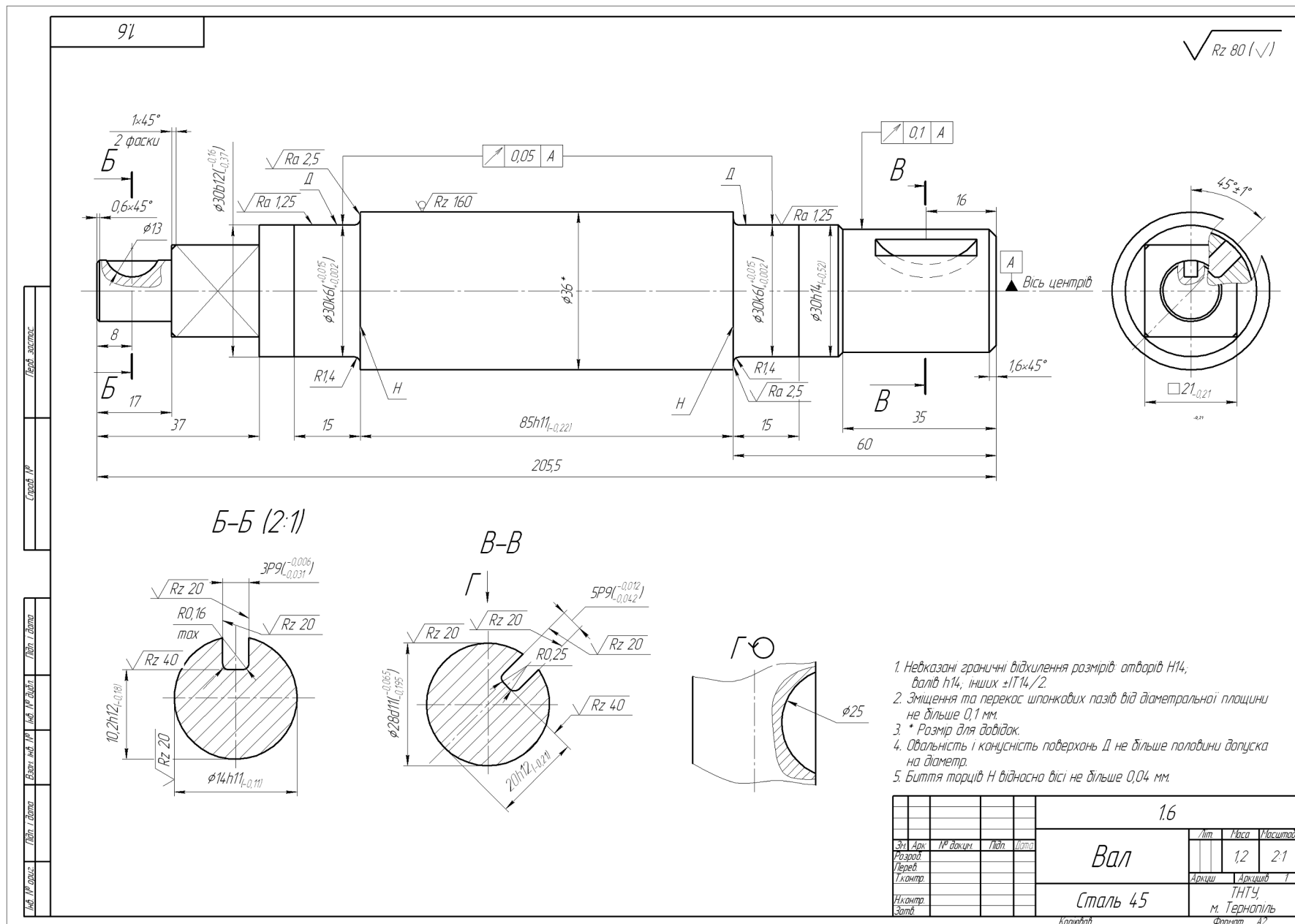
Закінчення таблиці 1.12

1	2	3	4
035	Шпонково-фрезерна	Шпонково-фрезерний напівавтомат мод. ДФ88А	Спеціальне пристосування із базуванням циліндричною поверхнею на призми з упором в торець і шпонку 10 з пневмозатиском
040	Круглошліфувальна	Круглошліфувальний напівавтомат мод. 3М151Е	Спеціальний повідковий патрон (несамоцентрівний) самозатискний Центр упорний КМЗ
045	Круглошліфувальна	Круглошліфувальний напівавтомат мод. 3М151Е	Спеціальний повідковий патрон (несамоцентрівний) самозатискний Центр упорний КМЗ
050	Контроль		Стіл контролера

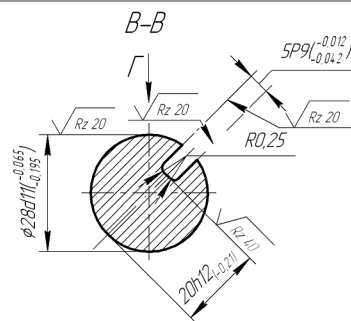
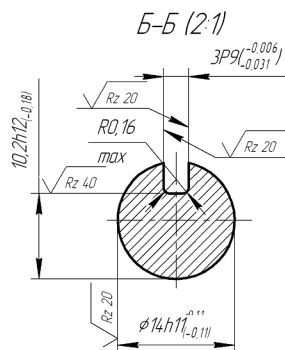
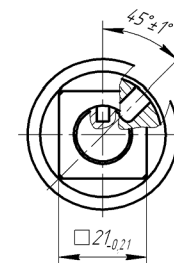
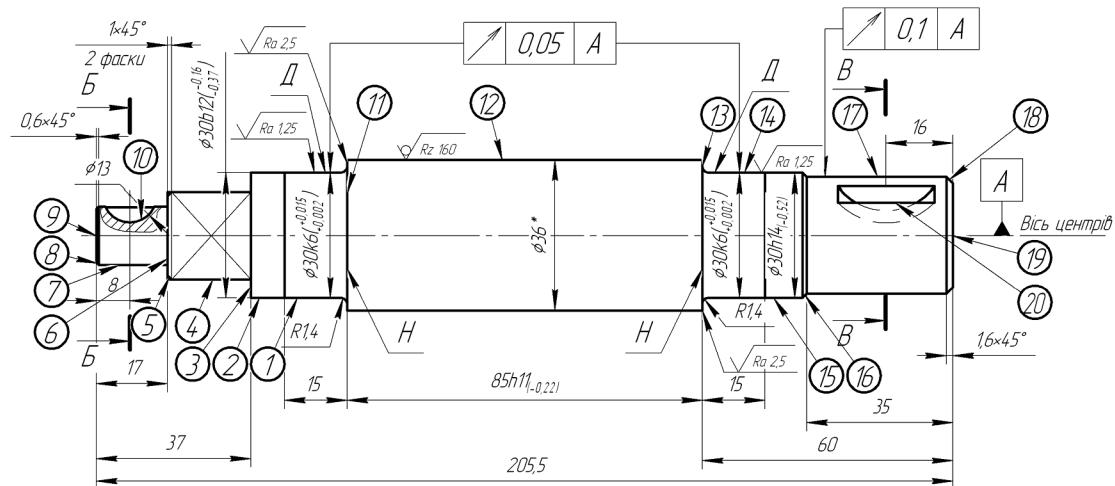




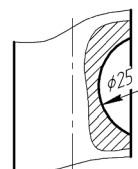
						1.3
Зм. Арк.	№ докци	Підп.	Дата			Шток Сталь 45 Коплюваб
Розроб.						
Переб.						
Т.контр.						
Н.контр.						Лит. Маса Масштаб Аркци Аркци 1
Затв.						ТНТУ м.Тернопіль Формат А3



✓ Rz 80 (✓)



ГО



1. Невказані граничні відхилення розмірів: отворів H14; валів h14; інших $\pm IT14/2$.
2. Зміщення та перекося шпункових позів від діаметральної площини не більше 0,1 мм.
3. * Розмір для довідок.
4. Овальність і конусність поверхонь Д не більше половини допуску на діаметр.
5. Биття торців Н відносно вісі не більше 0,04 мм.

Рисунок 1.7 – Ескіз деталі з номерами поверхонь

Ивб. № подл.	Взам. ивб. №	Ивб. № відл.	Подп. и дата	Лист
Ивб. № подл.	Взам. ивб. №	Ивб. № відл.	Подп. и дата	Лист

Копировал

Формат А3

Література

1. Кухарський О. М., Кушак І. В. Методичний посібник до курсового проекту по курсу “Технологія машинобудування”. Тернопіль, 2001. 58 с.
2. Пилипець М.І., Комар Р.В. Технологічні методи виробництва заготовок деталей машин. Тернопіль, 2019. 58 с.
3. Паливода Ю. Є., Дячун А.Є. Заготовки у машинобудівному виробництві : навчально-методичний посібник. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2023. 148 с.
4. Боженко Л. І. Технологія виробництва заготовок у машинобудуванні. Київ: НМК ВО, 1990. 264 с.
5. Паливода Ю. Є., Дячун А.Є. Дослідження технологічних процесів за допомогою методів математичної статистики та теорії ймовірності. Методичні вказівки до практичних занять та самостійної роботи. Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2022. 33 с.
6. Кухарський, О. М., Кузьмін М. І. Визначення припусків табличним методом. Тернопіль : Видавництво ТДТУ, 2004. 135 с.
7. Паливода Ю. Є., Кухарський О. М. Визначення припусків розрахунково-аналітичним методом, Тернопіль, 2003. 81 с.
8. Паливода Ю.Є., Дячун А.Є., Капаціла Ю.Б, Ткаченко І.Г. Розмірні ланцюги: навчально-методичний посібник. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2018. 132 с.
9. Паливода Ю. Є., Ткаченко І. Г., Капаціла Ю. Б. Технологія оброблення валів: навчальний посібник. Тернопіль: ТНТУ, 2016. 198 с.
10. Методичні вказівки до практичних занять та самостійної роботи з дисциплін “Теоретичні основи технології виробництва деталей та складання машин ” та “Технологія машинобудування” для студентів спеціальностей 131 “Прикладна механіка” і 133 “Галузеве машинобудування” на тему “Структура технологічного процесу. Принципи побудови технологічних операцій” / Укладачі : Паливода Ю.Є., Дячун А.Є. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. 53 с.
11. Дячун А. Є., Капаціла Ю. Б., Паливода Ю. Є., Ткаченко І. Г. Методичний посібник з виконання курсового проекту з дисципліни «Технологія обробки типових деталей та складання машин». Тернопіль : ТНТУ, 2016. 75 с.
12. Паливода Ю.Є., Дячун А.Є., Лещук Р.Я. Інструментальні матеріали, режими різання і технічне нормування механічної обробки : навчальний посібник. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. 240 с.
13. Дичковський М. Г. Технологічна оснастка. Проектно-конструкторські розрахунки пристосувань: навч. посіб. Тернопіль : ТДТУ, 2001. 277 с.
14. Дичковський М. Г. Технологічна оснастка. Конструювання пристосувань: навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2015. 141 с.