

Тема 5. Технологія виготовлення деталей типу «Вал» та «Фланець».

Лекція 8 Конструктивні види валів

План

- 1. Конструктивні види валів.**
- 2. Технічні вимоги, які пред'являються до валів, методи їх забезпечення та контролю.**

1. Конструктивні види валів.

Вали класифікують за службовим призначенням, конструктивною формою, розмірами та матеріалами. На базі класифікації, запропонованої професором Соколовським А. П., розроблені типові технологічні процеси їх виготовлення. Типові конструкції східчастих валів наведені на рисунках 1 і 2.

У загальному машинобудуванні використовуються східчасті та безсхідчасті, суцільні та порожнисті, гладкі та шліцьові, вал-шестерні та ін. вали. За формою геометричної осі вали бувають прямими, колінчастими, кривошипними, ексцентриковими (кулачковими).

У лекціях будуть розглядатися східчасті вали, які мають поширене використання у машинобудуванні. За даними [1] більше 85% загальної кількості розмірів східчастих валів мають розміри за довжиною 150-1000 мм та діаметром 30-80 мм. Близько 65% валів є шліцьовими (із закритими або відкритими шліцами). Конструкція валів передбачає прямобічний (85-90%) або евольвентний профіль шліців.

Матеріали і способи виготовлення заготовок для східчастих валів

Вали виготовляють із конструкційних і легованих сталей, які повинні мати високу густину і добре оброблятися. Для підвищення зносостійкості валам надають термічної обробки. Це сталі марок 35, 40, 45, 40X, 50X, 40Г2 та ін.

Заготовки виготовляють відрізанням від гарячекатаних або холодноотягнутих нормальних прутків з подальшою механічною обробкою. Такі заготовки використовують у дрібносерійному та одиничному виробництвах, а також для виготовлення валів із незначною кількістю виступів і різницею їх діаметрів.

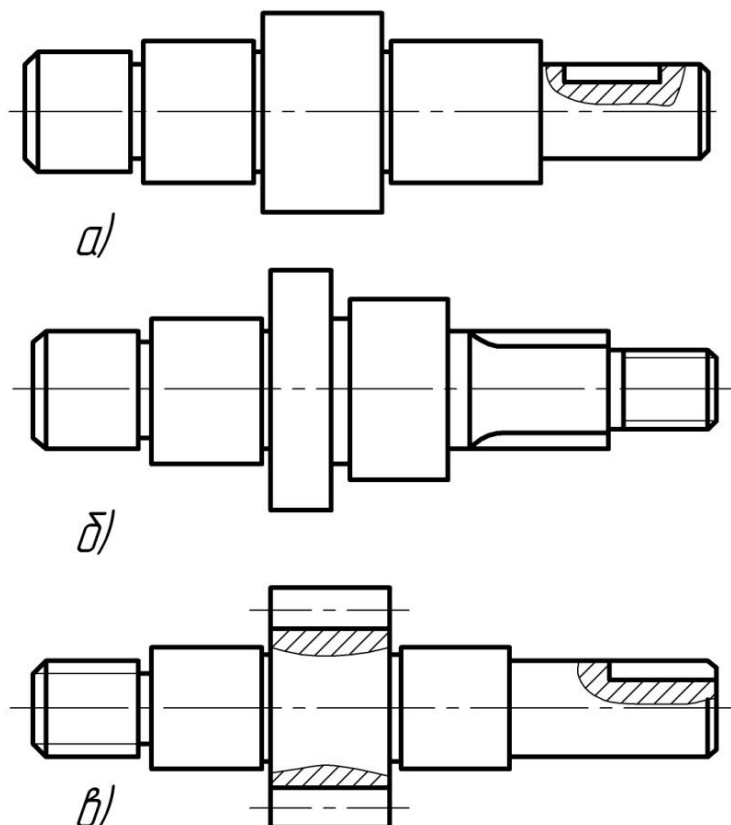


Рисунок 1 – Типові конструкції східчастих валів:

- а) вал без шліців та зубчастих коліс;
- б) вал із шліцом; в) вал-шестірна без шліців

У великосерійному та масовому виробництвах економічно вигідно виготовляти заготовки методами пластичного деформування. Такі методи, як кування, штампування, періодичний прокат, обтиск на ротаційно-кувальних машинах, електричне висаджування, поперечно-гвинтова прокатка дозволяють виготовляти заготовки за формою і розмірами, наближеними до готової деталі.

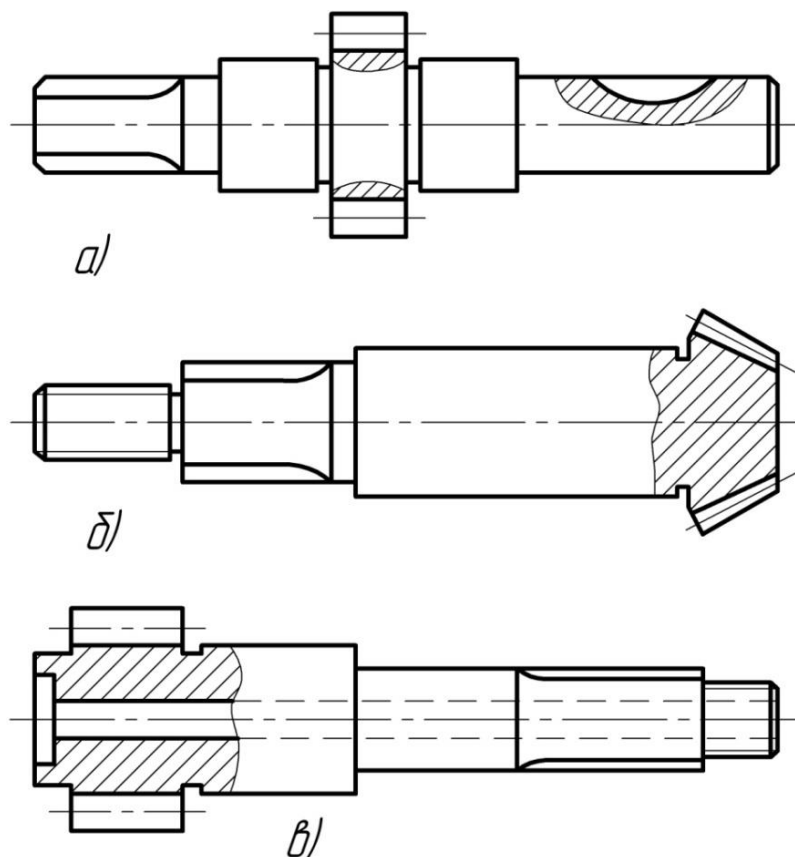


Рисунок 2 – Типові конструкції східчастих валів:

- а) вал-шестірня із шліцами; б) конічний вал-шестірня із шліцами; в) вал-шестірня із шліцами та центровим отвором

Вибір методу визначається за техніко-економічним обґрунтуванням. Особисте значення має коефіцієнт використання металу та зниження трудомісткості механічної обробки. Так, у великосерійному і масовому виробництвах мають місце методи виготовлення заготовок із коефіцієнтом використання металу від 0,7 до 0,95. Тому штучні заготовки доцільно виготовляти, наприклад, штампуванням або поперечно-гвинтовою прокаткою і враховувати економічні показники інших факторів.

При механічній обробці валів на налагоджувальних і автоматизованих верстатах велике значення має точність розмірів заготовки. Методом радіального

обтиску виготовляють заготовки із малими припусками і високою точністю $\pm(0,02-0,2 \text{ мм})$ та шорсткістю поверхонь $R_a = 0,63-0,32 \text{ мкм}$.

Ротаційне кування заготовок у гарячому стані забезпечує точність діаметрів до $\pm 0,3 \text{ мм}$, довжину до $\pm 1 \text{ мм}$ окремих виступів, не враховуючи загальної довжини, де похибка досягає 10 мм і більше. Коефіцієнт використання металу становить $0,85-0,95$. Процес дуже продуктивний, і час операції становить $40-70 \text{ секунд}$.

Новим процесом безперервного виготовлення заготовок східчастих валів є поперечно-гвинтова прокатка на тривалкових станах. Робота цих станів повністю автоматизована.

Технічні вимоги до валів.

Діаметральні розміри посадочних шийок виконуються по 6-му, 7-му, рідше 5-му квалітетам, інших шийок по 10-му, 11-му квалітетам, допуски на довжину ступеня валу призначають у межах $0,1 \dots 0,4 \text{ мм}$.

Допуски форми – відхилення, від круглості, циліндричності та прямолінійності – як правило, становлять частину допуску T_j на виконуваний діаметральний розмір (до $0,3 T_j$).

Допуски розташування – відхилення від паралельності шпонкових канавок та шліцевих поверхонь щодо осі – не перевищують $0,1 \text{ мкм}$ на 1 мм довжини, відхилення від перпендикулярності для опорних заплічників під підшипники та привалкових фланцевих поверхонь валів виконують з точністю $< 0,1 \text{ мкм}$, співвісність поверхонь не більше $0,01 \dots 0,03 \text{ мм}$.

Нерівномірність кроку шліцевих поверхонь, їх зміщення щодо осі повинно бути не більше $0,02 \text{ мм}$.

Допустимі биття посадкових шийок щодо базових поверхонь не повинні перевищувати $0,01 \dots 0,03 \text{ мм}$, а непосадкових $0,05 \dots 0,10 \text{ мм}$.

Шорсткість посадкових шийок $R_a = 0,08 \dots 0,63 \text{ мкм}$, непосадкових $R_a = 3,2 \dots 10 \text{ мкм}$.

Лекції 10-11 Рекомендації по розробці маршрутної та операційної технології виготовлення валів

План

- 1. Рекомендації по розробці маршрутної та операційної технології. Послідовність призначення чорнових та чистових операцій.**
- 2. Основні схеми базування валів та фланців на чорнових та чистових операціях.**

Розроблення технологічного процесу виготовлення вала починається із вивчення його службового призначення у машині та технічних вимог, за якими він виготовляється. Для цього ретельно вивчають складальні креслення машини або складальної одиниці, до якої своїми розмірами входить вал.

Головним на першому етапі розроблення МТП виготовлення валів є вибір основних технологічних баз. Основними базами більшості валів є шейки вала. Однак їх використання як технологічних баз для обробки зовнішніх поверхонь утруднено, оскільки немає єдності баз. Тому за технологічні бази часто беруть поверхні центрових отворів із двох боків (торців) заготовки. Таким чином, першою механічною операцією є обробка торцевих поверхонь і подальше їх центрування.

Залежно від типу виробництва названу операцію виконують на токарних і revolverних верстатах; горизонтально-фрезерних верстатах; на центрувальних і фрезерно-центрувальних верстатах.

Згідно з ГОСТ 14034-74 встановлено вісім форм центрувальних отворів (див. рис. 3.3 і 3.4). У більшості випадків призначають форми отворів із кутом $\alpha=60^\circ$, дуже мало із кутом $\alpha=75^\circ$, а з кутом $\alpha=90^\circ$ практично не призначають. Центр верстата повинен стикатися із центровим отвором заготовки по поверхні конуса. У центровому отворі вершина центра не повинна впирається у заготовку.

Центрові отвори із запобіжним конусом використовують у випадках:

- запобігання на торцях вала задиркам при незначному зношуванні центрових отворів;
- запобігання від випадкових ушкоджень торців вала;

- появи ремонтних робіт, на яких виконується обробка торців вала.

Рекомендації з використання установлювальних форм центрових отворів наведені у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Використання центрових отворів

Форма центрових отворів	Примітка
А	Якщо після обробки потреба у центрових отворах відпадає. Якщо збереження центрових отворів при експлуатації гарантується термообробкою
В	Коли центрові отвори використовуються багато разів. Коли центрові отвори зберігаються у готових виробах
Т	Для оправок і калібрів-пробок
С	Для великих валів (як і форма А)
Е	Для великих валів (як і форма В)
Р	Коли потрібна завищена точність обробки
Е, Н	Для монтажних робіт, транспортування, зберігання і термічної обробки деталей у вертикальному положенні

Рекомендації для вибору центрових отворів залежно від маси виробів (заготовок) наведені у таблиці 3.2.

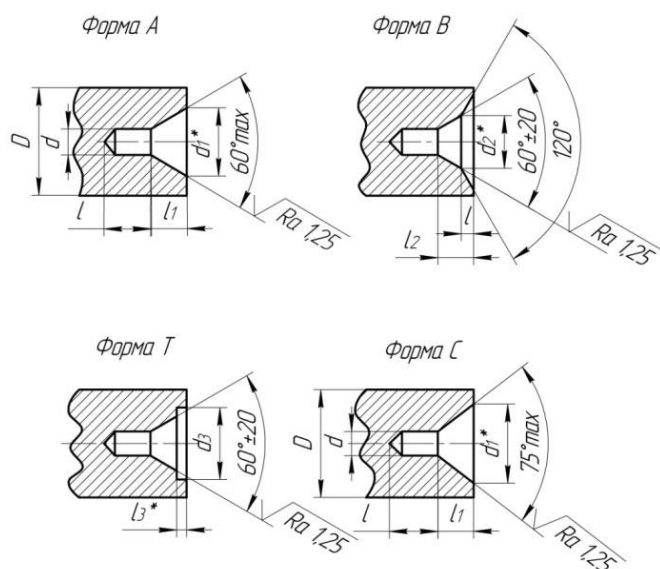


Рисунок 3.3 – Форми центрових отворів (А, В, Т, С)

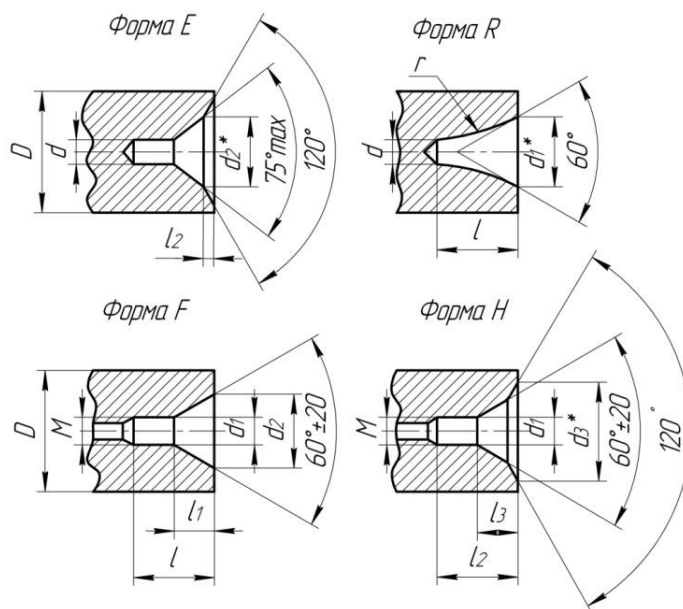


Рисунок 3.4 – Форми центрових отворів (Е, R, F, H)

Таблиця 3.2 – Вибір центрових отворів залежно від маси

Маса виробу, кг, не більше	d, мм	Форма центрових отворів
50-20000	2-25	А, В, Т
1500-120000	8-63	С, Е

Залежно від конструкції і масштабу випуску технологічний процес виготовлення вала може бути різним. Наведемо приклад виготовлення вала в умовах дрібносерійного виробництва. Креслення «вала ведучого» наведено на рисунку 3.5.

Операція 005. Обробка тиском (див. рис. 3.6).

Заготовка виготовляється штампуванням на КГШП.

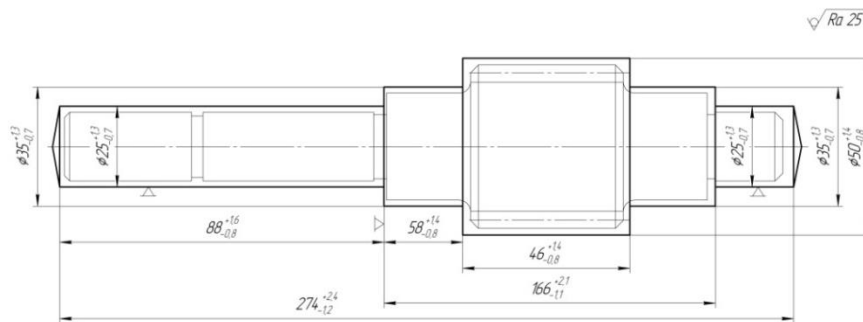


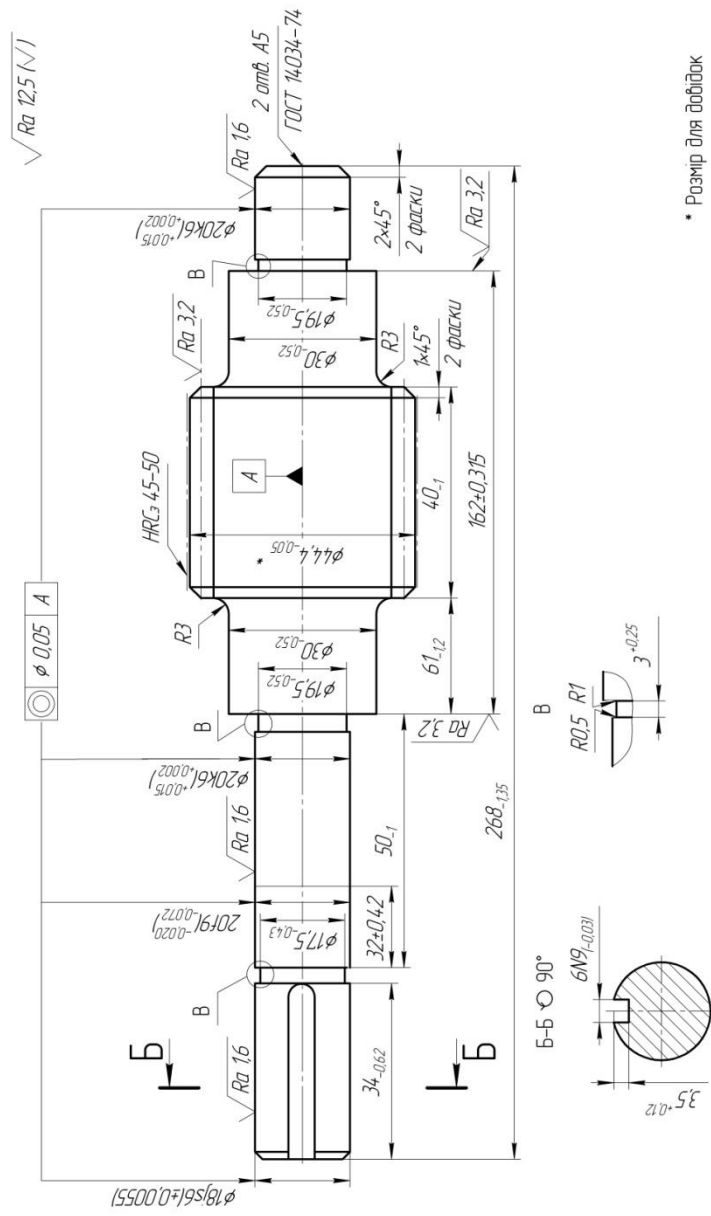
Рисунок 3.6 – Ескіз заготовки на операції 005

Операція 010. Термічна обробка. На операції виконується відпалювання заготовки для зняття напруг, які виникли після операції 005 «Обробка тиском».

Операція 015. Фрезерно-центрувальна (див. рис. 3.7).

Операція виконується на фрезерно-центрувальному верстаті моделі МР-71М, N = 13 кВт. Структура операції: один установ, чотири переходи.

Заготовка встановлюється у центруючі тиски. На перших двох переходах паралельно фрезеруються торці вала у розмір. На третьому і четвертому переходах свердляться два центрових отвори (див. рис. 3.7, вигляд А).



• Розмір для довідки

Рисунок 3.5 – Креслення деталі "Вал ведучий"

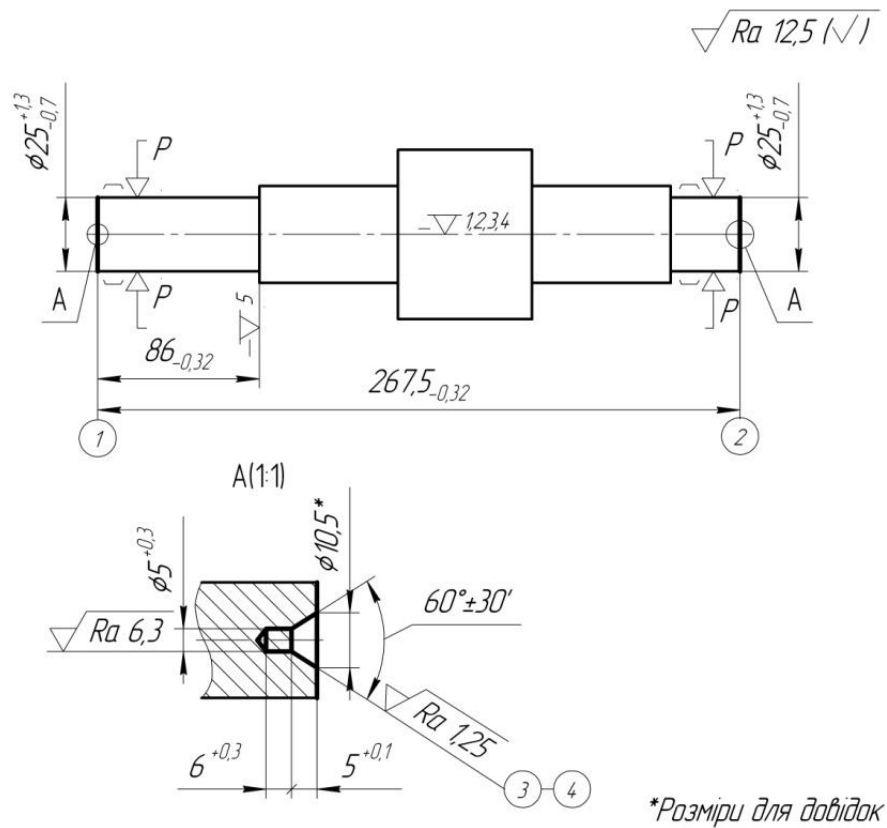


Рисунок 3.7 – Ескіз заготовки на операції 015

Операція 020. Токарна із ЧПК (див. рис. 3.8).

Операція виконується на токарно-гвинторізному верстаті моделі 16Б16Т1, N = 7,1 кВт. Структура операції: два установи, вісім переходів.

Заготовка встановлюється на центрові отвори (базові поверхні). Крутий момент заготовки передається від повідкового патрона. Виконується чорнова обробка східчастих поверхонь вала.

Операція 025. Токарна із ЧПК (див. рис. 3.9).

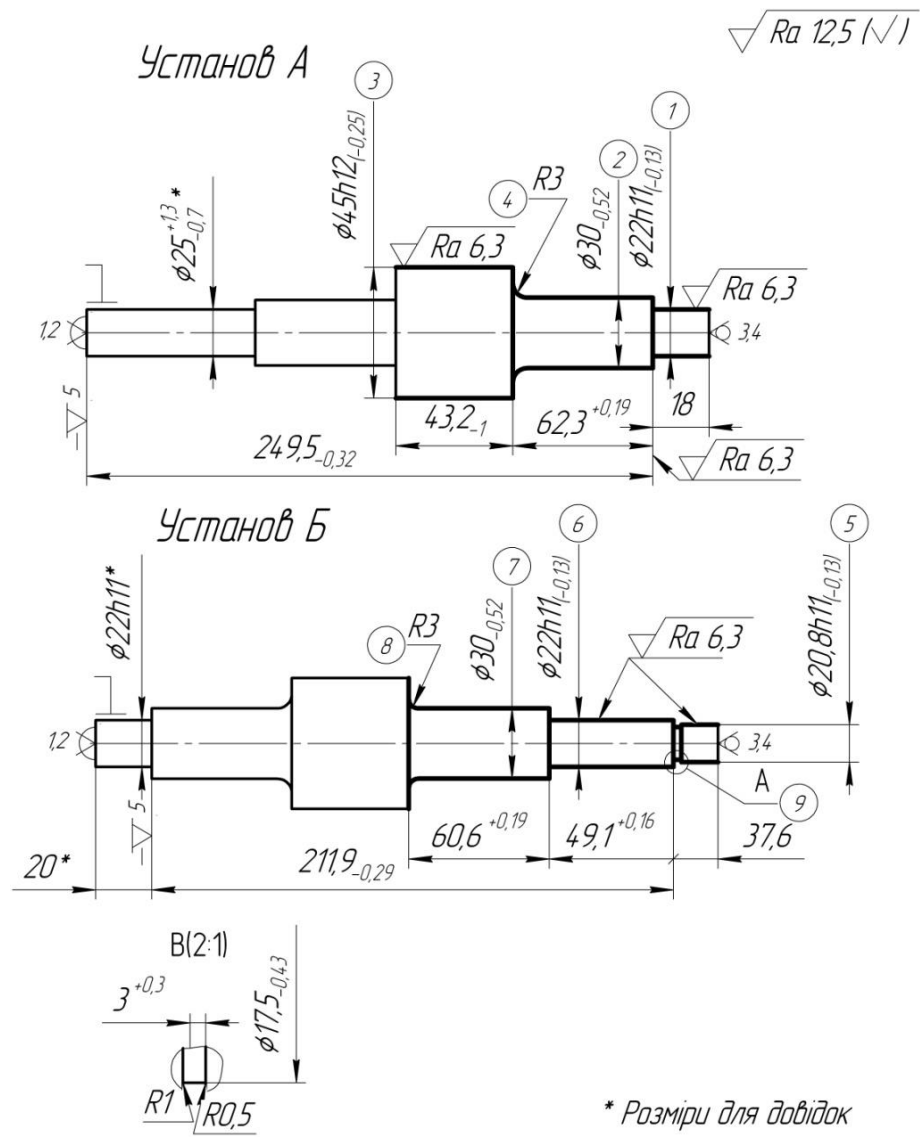


Рисунок 3.8 – Ескіз заготовки на операції 020

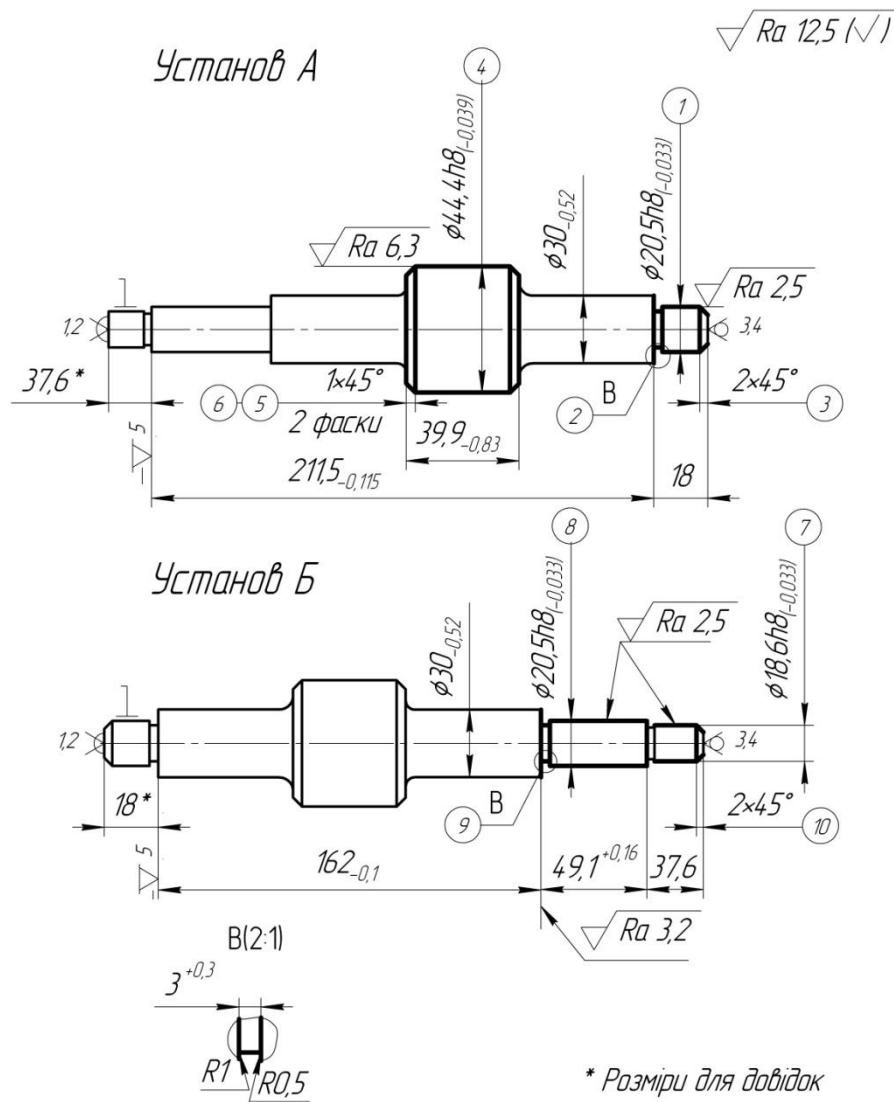


Рисунок 3.9 – Ескіз заготовки на операції 025

Операція виконується на токарно-гвинторізному верстаті моделі 16Б16Т1, N = 7,1 кВт. Структура операції: два установи, дев'ять переходів.

Виконується чистова обробка поверхонь заготовки. На операції остаточно обробляються галтелі, фаски, канавки, поверхні 8-10-го квалітетів точності.

Операція 030. Горизонтально-фрезерна (див. рис. 3.10).

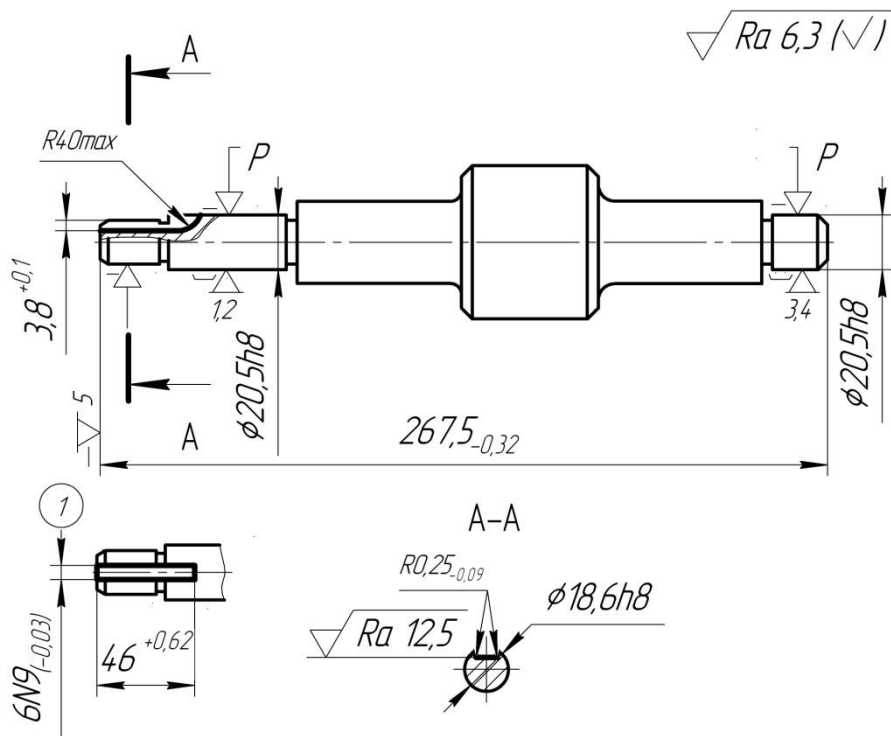


Рисунок 3.10 – Ескіз заготовки на операції 030

Операція виконується на горизонтально-фрезерному верстаті моделі 6Р80, $N = 3,0$ кВт. Структура операції: один установ, один перехід. Заготовка базується на дві призми двома раніше обробленими поверхнями $\varnothing 20,5h8$ і затискається двома пневматичними затискачами.

Наведена схема установа заготовки буде реалізована у пристрої, який необхідно проектувати. Конструкція шпонкового паза забезпечується «мірним» інструментом – дисковою, тристоронньою фрезою $\varnothing 63B6$ ГОСТ 9474-73. Для підтримки консольної частини вала і забезпечення потрібної її жорсткості використовується підведена регулююча опора.

Операція 035. Зубофрезерна (див. рис. 3.11).

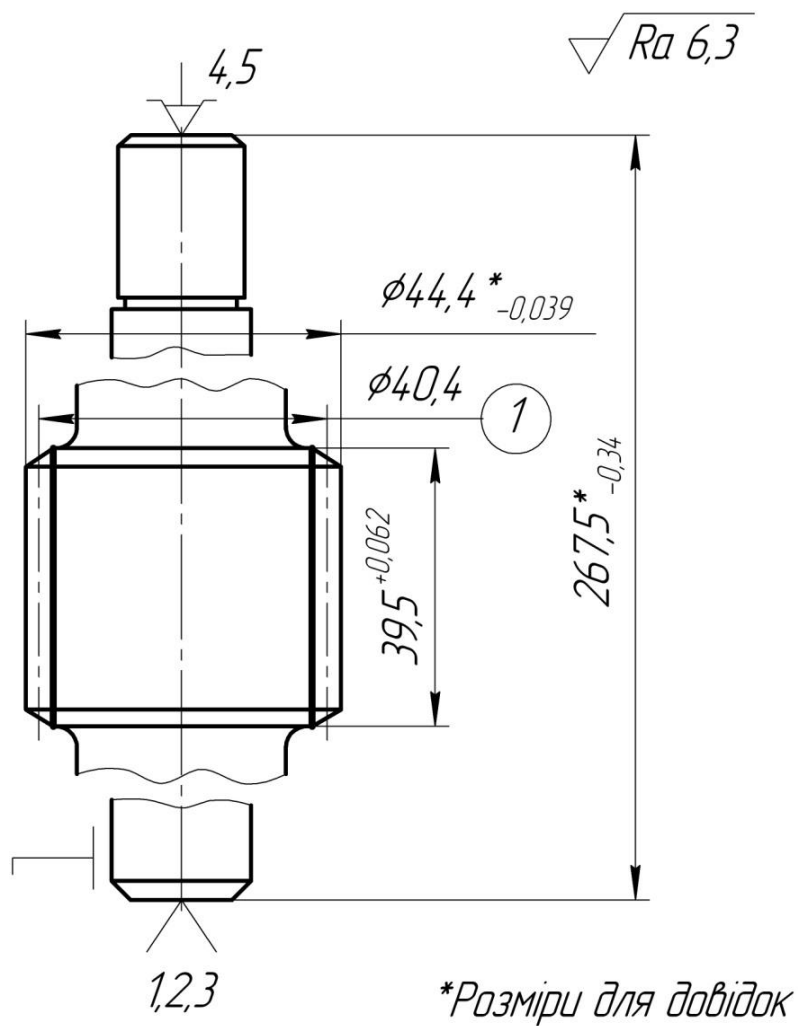


Рисунок 3.11 – Ескіз заготовки на операції 035

Таблица 3.3 – Технічні вимоги до зубців вала ведучого

Модуль	m	2
Кількість зубців	z	20
Кут нахилу	β	8°6'34"
Напрямок лінії зубця	-	лівий
Нормальний вихідний контур	-	ГОСТ 13755-81
Коефіцієнт зміщення	x	0
Ступінь точності	-	9-В ГОСТ 1643-81

Довжина загальної нормалі	W	15,337(-0,11;-0,25)
Допуск на радіальне биття зубчастого контуру	F_r	0,071
Ділильний діаметр	d	40,4
Рух зубця	P_z	881

Операція виконується на зубофрезерному напівавтоматі моделі 5К301П, N = 2,2 кВт. Структура операції: один установ, один перехід. Точність зубчастого контуру наведена у таблиці 3.3. Обробка виконується цільною фрезою, тип 2-го класу, точність В ($m_o = 2$ мм; $d_{ao} = 63$ мм; $d = 27H7$ мм) ГОСТ 1643-81 Р6М5 ГОСТ 19625-73. Контроль здійснюється виконавцем.

Операція 040. Термічна обробка.

На операції виконується загартовування зубців на пристрої СВЧ HRC_с40-50.

Операція 045. Круглошліфувальна (див. рис. 3.12).

Операція виконується на круглошліфувальному верстаті моделі 3М150. Структура операції: два установи, чотири переходи. Заготовка базується на два жорстких центри, крутний момент заготовки надається від хомутика (ГОСТ 18488-70).

Хомутик не дозволяє передавати коливальні рухи коробки швидкостей верстата на шліфовані поверхні вала. На операції остаточно забезпечуються технічні вимоги креслення, точність розмірів і шорсткість поверхонь заготовки.



Операція 055. Технічний контроль.

Рекомендації щодо обробки поверхонь валів

Обробка шліців на валах

Конструкції шліців передбачають прямобічний і евольвентний профілі. До шліців ставлять жорсткі вимоги щодо їх точності. Наприклад, допустиме відхилення від рівномірного шагу шліців становить не більше 0,02 мм; допустиме зміщення кожного шліца відносно осі становить не більше 0,02 мм.

Шліці нарізають фрезеруванням, струганням, протягуванням, холодним накатуванням (в основному евольвентні шліці). На вибір технологічного процесу обробки шліців впливають метод центрування шліцевого з'єднання та їх термічна обробка [1, 9].

У серійному виробництві шліці нарізають на шліцефрезерних та зубофрезерних верстатах за методом обкату. Заготовку базують по центрових отворах. Шліці нарізають черв'ячною фрезою. Метод обробки дуже трудомісткий, оскільки різання виконується на невеликих режимах ($V=20-30$ м/хв і $S=20$ мм/хв). Для підвищення продуктивності процесу використовують багатозаходні черв'ячні фрези на чорнових режимах обробки, однак точність такою обробкою не забезпечується.

Шліці загартованих валів фрезерують після попереднього шліфування, а у незагартованих – після чистового шліфування зовнішньої поверхні.

Шліці загартованих валів та центровані по зовнішній поверхні обробляють у такій послідовності:

- фрезерування шліців із припуском під шліфування бокових поверхонь;
- чистове шліфування бокових поверхонь шліців після термічної обробки та чистового зовнішнього шліфування.

Шліці незагартованих валів із таким самим центруванням обробляються чистовим фрезеруванням після шліфування зовнішньої поверхні.

Шліці валів, центровані по поверхні внутрішнього діаметра, обробляють у такій послідовності:

- фрезерування шліців із припуском під шліфування;

- фрезерування канавки для виходу круга для шліфування поверхні із внутрішнім діаметром, якщо такі канавки не оброблені на першій операції фрезою сумісно із шліцами;

- чистове шліфування бокових поверхонь і центруючої поверхні із внутрішнім діаметром після термічної обробки.

Існують і більш сучасні методи фрезерування шліців на валах: фрезерування дисковими фасонними фрезами та чистовим фрезеруванням бокових поверхонь шліців торцевими фрезами, які оснащені пластинами із твердого сплаву; контурне стругання шліців, протягування шліців; холодне накатування.

Після обробки лезовим інструментом профіль шліців шліфують. Шліфування зовнішніх, внутрішніх і бокових поверхонь виконується фасонними і стандартними кругами.

(більш докладніше дивись підручник [1, с.267-276]).

Обробка шпонкових пазів на валах

Шпонкові канавки на валах виготовляються для призматичних і сегментних шпонок. Шпонкові пази поділяються на закриті з двох боків або закриті з одного боку.

Шпонкові пази валів виготовляють на горизонтально-фрезерних, вертикально-фрезерних та шпонково-фрезерних верстатах. Перші два види верстатів використовуються у дрібносерійному та одиничному виробництвах, а останній вид верстата - у серійному та масовому виробництвах. Обробка на шпонково-фрезерному верстаті відбувається за схемою «маятникової подачі». Конструкція шпонкової фрези має дві різальні кромки. Напуск металу зрізується за декілька ходів інструмента при виготовленні пазів, які потребують взаємозамінності у шпонковому з'єднанні. Якщо з'єднання потребує пригонки по шпонковому пазу, то їх необхідно фрезерувати за один хід інструмента.

Виготовлення сегментних шпонкових пазів виконується на горизонтально-фрезерних верстатах дисковою фрезою із вертикальною подачею.

Деякі конструкції валів мають центрові отвори, де є шпонкові канавки, відкриті з обох боків або з одного боку. Для їх обробки використовують довбальні

верстати. У великосерійному або масовому виробництвах використовують протяжні верстати.

Обробка поверхонь із різью на валах

Конструкції валів можуть мати циліндричні (кріпильні, ходові) та конічні різі. Основною кріпильною різью є метрична різь із кутом $\alpha=60^0$. Дюймові різі із кутом $\alpha=55^0$ використовують для запасних виробів та ремонту старого і закордонного обладнання. Проектування такої різі у нових виробках заборонено.

Розрізняють циліндричну кріпильну різь: зовнішню та внутрішню.

Зовнішню різь нарізують різцями, гребінками, плашками, саморозкривними нарізними головками, дисковими та груповими фрезами, шліфувальними кругами, накатним інструментом.

Внутрішню різь нарізують різцями, мітчиками, розсувними мітчиками, груповими фрезами, накатними роликами.

СТ СЄВ 182-75 установлює ступені точності, які визначають величину допусків середніх діаметрів різі. Цей параметр підлягає контролю. Також контролюються кут профілю, крок та шорсткість поверхні різі.

У багатьох випадках для нарізання різі використовують різні типи токарно-гвинторізних верстатів, а також спеціальні верстати.

Ходова різь має прямокутний та трапецеїдальний профілі різі. За конструкцією трапецеїдальна ходова різь може бути одно-, дво- та тризаходною.

Обробка фасонних поверхонь валів

Поверхні, форма яких відрізняється від форми площинності, циліндра або конуса, є фасонними. За конструкцією розрізняють фасонні поверхні обертання (фасонні рукоятки), прямолінійні фасонні поверхні (кулачкова шайба), об'ємні криволінійні фасонні поверхні (лопатки турбін, гвинти літаків).

Фасонні поверхні обробляють двома методами:

- фасонним інструментом, який має профіль обробленої поверхні;

- стандартним інструментом, якому надається криволінійного руху відносно обробленої поверхні за допомогою копіювальних пристроїв або ручним способом.

Обробка фасонним інструментом здійснюється фасонним призматичним або дисковим різцями. Фасонний різець зрізує широку стружку, що спричиняє появу вібрацій обробленої деталі. Таку обробку проводять з малими подачею і швидкістю різання та збільшеним використанням змащувально-охолоджувальної рідини.

Якщо фасонна поверхня має дуже велику довжину обробки, то обточування відбувається стандартними прохідними різцями. Для цього використовують два методи обробки.

Перший метод виконується із одночасною ручною поздовжньою і поперечною подачами. Обробка виконується за один або декілька ходів інструмента. Це потребує високої кваліфікації токаря.

Другим методом виконується обточування фасонної поверхні із використанням копіра. Траєкторія руху різальної кромки інструмента відбувається за допомогою двох рухів:

- основної подачі, яка рухає супорт вздовж або впоперек осі обертання деталі;
- допоміжної подачі, яка виконується перпендикулярно до основної подачі, коли відбувається рух верхньої частини супорта під дією копіра вздовж або впоперек осі обертання деталі.

Остаточна обробка фасонної поверхні відбувається шліфуванням (фасонними кругами або обробка за допомогою копіра). Як і обробка циліндричних (конічних) поверхонь, цей метод забезпечує 6-7-й квалітети точності розмірів, шорсткість поверхні $R_a=0,63-1,25$ мкм, технічні вимоги креслення за відносним розміщенням східчастих і фасонних поверхонь.

Лекція 12 Забезпечення точності взаємного розміщення поверхонь валів, їх коротка характеристика

Обробка поверхонь методом суперфінішування.

Для одержання шорсткості поверхонь валів $R_a \leq 0,15$ мкм їх суперфінішують [26, 35]. Метод суперфінішування полягає в тому, що за певними кінематичними умовами дрібнозернистими абразивними (алмазними, ельборовими) брусками із обробної поверхні видаляють мікрогребінці, які залишилися після виконання попередньої операцій (чистового точіння, шліфування і т. ін.). Поверхню доводять до дзеркального вигляду (див. рис. 3.13).

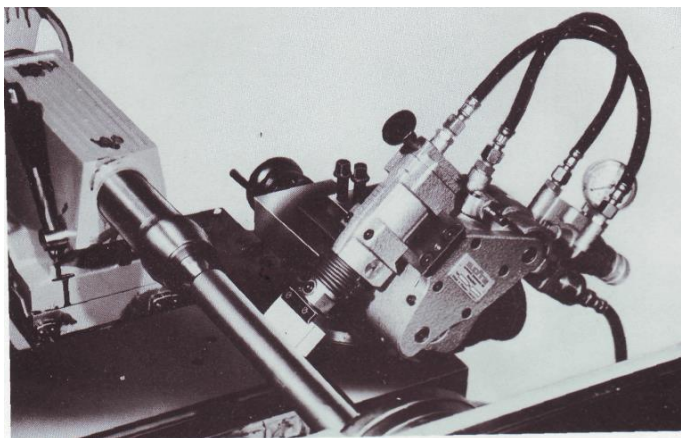


Рисунок 3.13 – Суперфінішна головка для обробки валів

Робочими рухами бруска (див. рис. 3.14) при суперфінішуванні зовнішніх циліндричних поверхонь вала будуть короткі осьові, зворотно-поступальні (що осцилюють) рухи $V_{кол}$, а також рухи (поздовжня подача $S \approx 0,1$ мм/хв), які переміщують брусок уздовж осі вала, якщо останній має велику довжину. Вал має тільки обертальний рух ($V_{об}$).

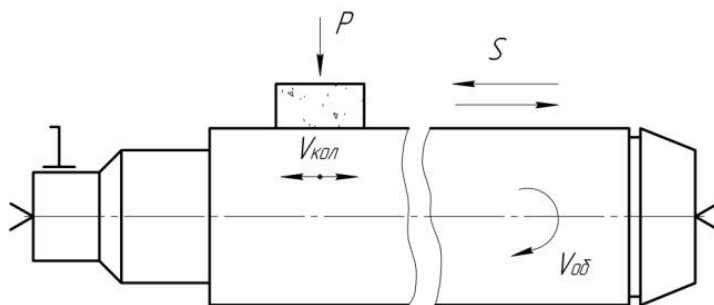


Рисунок 3.14 – Схема обробки поверхні суперфінішуванням

За період всієї обробки абразивний брусок притискається до обробної поверхні з силою P .

Режими, що рекомендуються до обробки: швидкість коливального руху брусків $V_{кол} = 8-15$ м/хв; амплітуда коливань брусків $A_{кол} \leq 6$ мм; лінійна швидкість обертання заготовки: а) для абразивних брусків на початку циклу $V_{об} = (2-4) \cdot V_{кол}$, у кінці циклу $V_{об} = (8-16) \cdot V_{кол}$; б) для ельборових брусків $V_{об} \geq 20 \cdot V_{кол}$, але не більше 3–40 м/хв; тиск брусків $p = 0,05 - 0,3$ МПа протягом усього циклу обробки поверхні. Обробку ведуть із застосуванням ЗОР [32, 33].

Припуск для суперфінішування поверхонь визначається висотою нерівностей, що залишені попередніми операціями. Багаторазовими дослідженнями встановлено, що прошарок, що видаляється при суперфінішуванні, не перевищує 5-7 мкм [26, 35]. Таким чином, припуск під суперфінішування поверхонь валів приблизно становить 0,005 мм. Установлено також, що суперфінішування зменшує тільки шорсткість поверхні, але не виправляє макрогеометричні показники форми обробної поверхні. У багатьох випадках величини припуску недостатньо для усунення вихідної шорсткості поверхні. За показниками геометричної форми поверхні заготовка перед операцією суперфінішування повинна відповідати всім технічним вимогам креслення готової деталі.

Зернистість абразивних брусків вибирають залежно від потрібної шорсткості поверхні деталі. Застосування литих брусків з керамічною зв'язкою стосовно пресованих брусків зменшує шорсткість обробної поверхні ($R_z = 0,1-0,05$ мкм).

Для усунення перелічених недоліків суперфінішування авторами робіт [34] були запропоновані додаткові коливальні рухи бруска. Додаткові коливальні рухи бруска відбуваються радіально до обробної поверхні. Разом із осьовими коливальними рухами новий процес (спосіб подвійної осциляції брусків) дозволив розширити діапазон оброблюваних матеріалів валів, виключити налипання шламу на робочу поверхню брусків і збільшити у 2-5 разів припуск, який визначається для обробки. Докладніше дивись спеціальну літературу [34, 35].

Обробка поверхонь методом зовнішнього хонінгування

Хонінгування як один із методів доводки застосовують при обробки зовнішніх поверхонь тіл обертання, до яких відносять вали, штоки, плунжери, золотники, поршневі пальці, пакети поршневих кілець і т. ін.

Важливою особливістю схеми зовнішнього хонінгування є рівномірне розміщення брусків хонінгувальної головки за всією довжиною кола [12, 17, 24,]. Таке розміщення брусків дозволяє врівноважити їх радіальний питомий тиск на поверхні вала і не викликає вигину обробної деталі. Зовнішнє хонінгування дозволяє обробляти нежорсткі деталі великої довжини, працювати із великим питомим тиском брусків, видаляти підвищений припуск (0,01–0,03 мм на діаметр) і забезпечити вимоги для ефективного виправлення вихідних похибок деталі у поперечному перерізі (овальність, огранювання), а в поздовжньому напрямку – конусоподібність та хвилястість.

Кінематичні рухи зовнішнього хонінгування аналогічні рухам для хонінгування отворів (див. рис. 3.15).

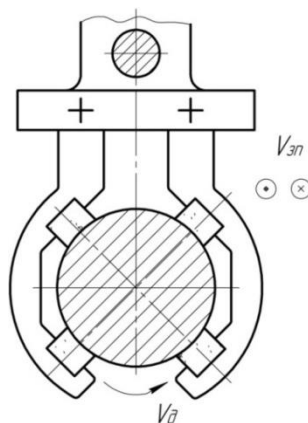


Рисунок 3.15 – Схема зовнішнього хонінгування:

V_o – колова швидкість заготовки;

V_{zn} - швидкість зворотно-поступального руху хонінгувальної головки

Колову швидкість V_o заготовки і швидкість зворотно-поступального руху V_{zn} брусків визначають залежно від потрібної продуктивності та шорсткості обробної поверхні [8, 17]. Суттєвим є відношення $V_o/V_{zn}=\lambda$, яке впливає на процес утворення

стружки, спрацювання (знос) брусків, шорсткість поверхонь, продуктивність хонінгування. Питомий тиск p_o визначається як відношення радіальної сили притиснення бруска до площі робочої поверхні бруска. У таблиці 3.4 наведені рекомендації щодо вибору режимів обробки для різних матеріалів при хонінгуванні абразивними брусками (досягається 5-6-й квалітети точності розмірів, шорсткість поверхонь $R_a=0,08-0,32$ мкм, точність циліндричної форми поверхні в межах 4-15 мкм). У літературних джерелах відсутні перевірені дані при хонінгуванні брусками із ельбору, але для визначення швидкостей V_o та V_{zn} , питомого тиску p_o можна використовувати рекомендації для алмазного хонінгування [8, 17, 33].

Обробка поверхонь методом полірування

Із багатьох видів полірування для обробки поверхонь валів у центрах частіше застосовують шліфування стрічкою (із вільним натяганням стрічки та притисканням спеціальним елементом) або обробку еластичними кругами із нанесенням на них шару абразивних порошків і паст [12, 19, 23].

Обробка еластичними кругами виконується у одиничному виробництві. Для обробки використовують токарні верстати. Полірувальний круг виготовляється із дерева, із зовнішніми шкіряними сегментами (для попереднього полірування). Для кінцевого полірування застосовують фетрові або матерчаті круги. На робочу поверхню круга наносять клей, а потім абразивний порошок або полірувальну пасту [19].

При поліруванні одночасно відбуваються два процеси, які мають місце у зоні контакту абразивного матеріалу із обробної поверхні. Перший – хіміко-механічний, який видаляє окисний шар плівки із поверхні деталі. Другий – пластична течія метала, яка залежить від великої температури і тиску в зоні контакту.

Визначений механізм процесу відбувається у верхньому шарі матеріалу (в межах 3-5 мкм) і тому полірування застосовується тільки для одержання низької шорсткості поверхні в межах $R_z=0,08-0,16$ мкм.

Залежно від форми обробної поверхні, її матеріалу, шліфування стрічкою виконують за схемою, коли абразивна стрічка притиснута жорстким або пружним контрольним тілом (див. рис. 3.16).

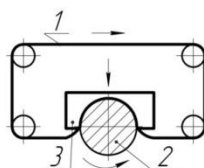


Рисунок 3.16 – Схема шліфування абразивною стрічкою:

1 – стрічка; 2 – деталь;

3 – пружний елемент

Для обробки застосовують абразивні стрічки, основа яких зроблена із паперу або тканини (ГОСТ 12439-66; ГОСТ 6456-75; ГОСТ 5009-75). У таблиці 3.6 наведені режими обробки матеріалів полірування стрічкою.

Таблиця 3.6 – Режими обробки для полірування стрічкою

Обробний матеріал	Зернистість стрічки	Швидкість різання, м/с	Питомий тиск, МПа
Сталь загартована	M28-M14	25-32	0,15-0,3
Чавун	M28-M14	25-30	0,15-0,3
Алюміній і його сплави	M40-M-28	30-40	До 0,1

Обробка поверхонь методом притирання

Притирання (доводка, або «лапінг-процес») виконується як остання оздоблювальна операція для забезпечення шорсткості поверхні $R_z=0,04-0,01$ мкм, точності геометричної форми в межах 0,1-0,2 мкм, точності діаметральних розмірів за 5-6-м квалітетами [19]. Притирання виконується спеціальними інструментами – притирами, форма і розміри яких збігаються (копіюють) із обробною поверхнею (див. рис. 3.17).

Ця операція виконується за допомогою дрібнозернистих абразивних зерен, що містяться у мастилі або поверхнево-активній рідині (ПАР). Суспензія накладається на поверхню притиру. Обробка виконується із малими швидкостями і питомими тисками. Відносне переміщення деталі та притира повинно бути таким, щоб окремі абразивні зерна з кожним новим рухом рухалися за новою траєкторією. Температурний режим процесу становить не більше 30°C , і структура верхнього шару заготовки буде завжди високої якості.

Розрізняють притирання попередньо шаржованим притиром і притирання вільним (нешаржованим) притиром [12, 19]. У першому випадку матеріалом притирів може бути червона мідь, свинець, перлітний чавун, які добре утримують абразивні зерна. При шаржуванні абразивні зерна втискаються у робочу поверхню притира. За абразивні зерна беруть: алмазний пил, карборунд, електрокорунд, карбід бора.

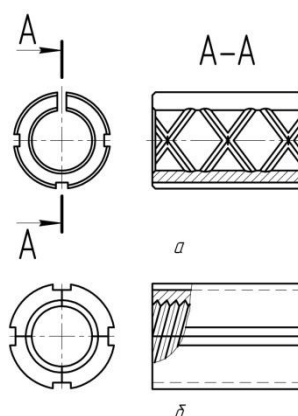


Рисунок 3.17 – Кільце-притир для зовнішніх поверхонь:

- а) розрізний, для притирання гладких поверхонь; б) для притирання різі

У другому випадку притири виконують із загартованої сталі, які мають покриття із хрому. Твердість абразивного матеріалу повинна бути менше твердості матеріалу притира і тоді зерна не втискаються ні в притир, ні в поверхню деталі. Відбуваються перекочування абразивних зерен і знос мікрогребінців обробної поверхні.

Процес притирання відбувається за таким режимом: швидкість притира становить 30-40 м/хв, яку в кінці обробки зменшують до 20-25 м/хв; тиск притира становить 0,2-0,4 МПа із поступовим зниженням до 0,05-0,08 МПа. Припуск під притирання назначають в межах 0,005-0,015 мм [8, 32].

Обробка поверхонь методом ППД

Згідно з технічними вимогами деяких креслень вала потрібно виконати збільшення міцності обробленої поверхні. З цією метою у технологічний процес оздоблювального етапу обробки валів призначають операцію обкатки, яка виконується за методом ППД.

Обробка деталей обкаткою використовується для зменшення шорсткості, збільшення зносостійкості та втомленої міцності деталей, забезпечення міцності пресових з'єднань. У деяких випадках обкатка виключає із технологічного процесу обробки операції шліфування та полірування, а також забезпечує точність розміру за шостим квалітетом і шорсткість поверхні $R_a=0,1$ мкм [11]. На виробництві дуже поширена обкатка, що виконується спеціально виготовленим обкатним інструментом – кульковим обкатником.

Кулькові обкатники застосовують для обробки поверхонь пластичним деформуванням. Робочим елементом обкатника є кульки підшипників діаметрами від 5 до 30 мм. На рисунку 3.18 наведена схема обробки обкатником, конструкція якого має підпружинену кульку.

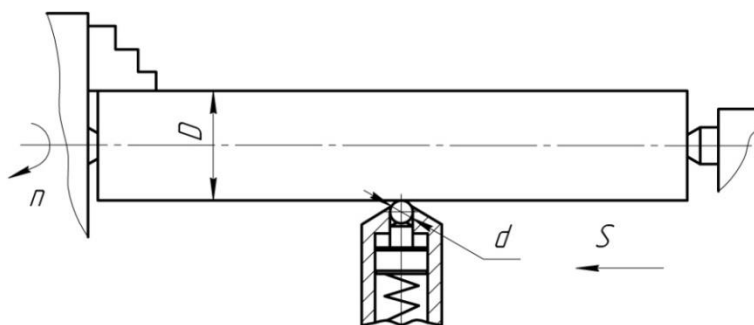


Рисунок 3.18 - Схема обробки поверхні кульковим обкатником:

D – діаметр деталі; d – діаметр кульки обкатника;

S – поздовжня подача обкатника

Для проведення якісного процесу обробки потрібно, щоб сила тертя між кулькою і оброблюваною поверхнею була більшою, ніж сила тертя між кулькою і корпусом, в якому він знаходиться. За подачею S обкатника кулька самовстановлюється та обертається, що має місце при деформуванні оброблюваної поверхні.

Сила обкатки P залежить від механічних властивостей оброблюваного матеріалу, стану поверхні і накатного інструмента. За наведеною схемою обробки сила обкатки визначається за формулою, якщо відношення $D/d \geq 10$ (див. рис. 3.16)

$$P = \frac{d^2 \cdot g^3}{2,025 \cdot 10^{-3} \cdot E^2},$$

де d - діаметр кульки, мм;

g - найбільше значення тиску обкатки, кгс/мм²;

$E=2,1 \cdot 10^{-3}$ кгс/мм² - модуль пружності оброблюваного матеріалу (сталева заготовка);

D - діаметр оброблюваної поверхні, мм.

За орієнтовними розрахунками значення g можна визначити за формулою

$$g = (2,1 - 1,8) \cdot \sigma_T,$$

де σ_T - межа текучості оброблюваного матеріалу.

Висота мікронерівності визначається за формулою

$$R_z = R_{zo} [1 - K_c (104 - \sigma_T)] \cdot \log \frac{g}{\lambda},$$

де R_z - теоретично розрахована висота мікронерівності, мкм;

R_{zo} - вихідна (початкова) висота мікронерівності, мкм;

g - тиск обкатки, кгс/мм²;

$K_c = 0,0076$ – коефіцієнт, який залежить від способу обробки

(обкатка кульками);

$\lambda = 6,0$ - коефіцієнт, який залежить від характеру розподілу напруги в зоні деформації.

Для забезпечення низької шорсткості поверхні поздовжня подача кулькового обкатника повинна не перевищувати $S = 0,5$ мм/об. У разі якщо ця вимога не потрібна, подачу обкатника збільшують.

Швидкість обкатки практично не впливає на якість оброблюваної поверхні і визначається із умови забезпечення продуктивної обробки без вібрації. Згідно з літературними джерелами швидкість обкатки не перевищує 200 м/хв [8].

На якість поверхні впливають перші два ходи кулькового обкатника. Збільшення кількості ходів обкатника призводить до перенаклепу поверхні, що збільшує її шорсткість.

При обробці необхідно врахувати вплив мастила на стійкість кульок проти зносу, якість обробленої поверхні, потужність, яка втрачається на обкатку. Для обробки сталевих заготовок рекомендується застосовувати індустріальне мастило.

Орієнтовний режим обробки сталевих заготовок діаметром $D = 80$ мм: $S = 0,2-0,4$ мм/об; $i = 1 - 2$; $n = 500-630$ об/хв; $V = 126-160$ м/хв.

3.2.6 Балансування валів (шпинделів швидкохідних верстатів, центрифуг)

Усі вали, які мають велику швидкість обертання (більше 100 об/хв), підлягають балансуванню у складеному вигляді [11]. Якість багатьох видів продукції залежить від стабільного розміщення вала у виробі за період його експлуатації у виробництві. Похибки виготовлення і монтажу вала, неоднакова щільність металу призводять до невірноваженості вала у виробі, що викликає появу вібрацій, підвищений знос опор вала. У багатьох випадках потрібно змінювати режим роботи виробу, що веде до зниження продуктивності або припинення роботи взагалі.

Невірноваженість може бути статичною, коли не збігається центр ваги деталі із віссю обертання, що викликає тільки відцентрову силу, або динамічною, коли дія невірноважених мас викликає появу пари сил і відцентрових моментів, що не дорівнюють нулю [1, 11].

Для усунення невірноваженості деталі застосовують балансування. Відповідно до двох видів невірноваженості існують і два види балансування – статичне і динамічне.

Статичне балансування застосовують для деталей (коротких валів, шківів, маховиків, дисків, зубчастих коліс і т. ін.), у яких відношення $L/D \leq 1$. Балансування роблять на оправці із надітою на неї деталлю. Оправка може вільно рухатися на двох рівнобічних ножах або роликах під дією статичного моменту. За таким способом визначається радіальний напрямок додаткового вантажу, що врівноважує.

Динамічне балансування застосовують для деталей із відношенням $L/D > 1$. У цьому випадку на вал монтують деталі, які повинні бути розміщені згідно зі складальним кресленням виробу (зубчасті колеса, підшипники, фланці, кільця-гайки, втулки і т. ін.). Такі складальні одиниці підлягають динамічному балансуванню, що усуває обидві невірноваженості (статичну та динамічну).

Динамічне балансування виконують на спеціальних балансувальних верстатах [11]. Наприклад, балансування шпинделів швидкохідних верстатів діаметром до 800 мм і вагою 98-980 Н виконують на верстаті 9Б725А. На цьому верстаті визначаються розмір амплітуди і фаза коливань опор шпинделя.

Невірноваженість усувається висвердлюванням металу у задній частині деталі або вузла за допомогою двох спеціальних свердлильних головок, змонтованих на балансувальному верстаті. Докладніше про балансування валів дивись спеціальну літературу [11].