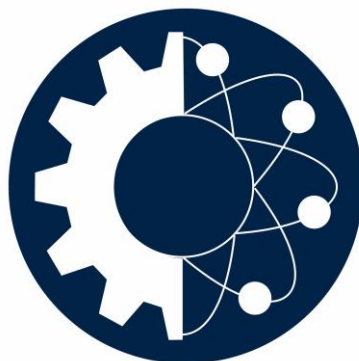


Міністерство освіти і науки України
Центральноукраїнський національний технічний університет
Кафедра машинобудування, мехатроніки і робототехніки



**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ
ДО ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНИХ РОБІТ**
з навчальної дисципліни
“ВИРОБНИЦТВО РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ”

для здобувачів за першим (бакалаврським) рівнем
вищої освіти спеціальностей
G9 «Прикладна механіка» та G11 «Машинобудування»



Кропивницький
2026

Міністерство освіти і науки України
Центральноукраїнський національний технічний університет
Кафедра машинобудування, мехатроніки і робототехніки

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ
ДО ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНИХ РОБІТ**
з навчальної дисципліни
“ВИРОБНИЦТВО РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ”

для здобувачів за першим (бакалаврським) рівнем
вищої освіти спеціальностей
G9 «Прикладна механіка» та G11 «Машинобудування»

Затверджено на засіданні
кафедри машинобудування,
мехатроніки і робототехніки.
Протокол № 1 від 26.08.2026 р.

Кропивницький
2026

Методичні рекомендації до виконання практичних робіт з навчальної дисципліни “Виробництво різального інструменту” [для здобувачів за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти спеціальностей G9 «Прикладна механіка» та G11 «Машинобудування»] / Уклад. П. М. Єрьомін, О. В. Лисенко, А. М. Кириченко. Кропивницький : ЦНТУ, 2026. 130 с.

Затверджено на засіданні кафедри
машинобудування, мехатроніки і робототехніки.
Протокол № 1 від 26.08.2026 р.

Укладачі:

Павло Єрьомін,	канд. техн. наук, старший викладач кафедри машинобудування, мехатроніки і робототехніки;
Олександр Лисенко,	канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри машинобудування, мехатроніки і робототехніки;
Андрій Кириченко,	доктор техн. наук, професор, професор кафедри машинобудування, мехатроніки і робототехніки.

Рецензенти:

Кирил Щербина,	канд. техн. наук., доцент, доцент кафедри машинобудування, мехатроніки і робототехніки;
Олександр Скібінський,	канд. техн. наук., доцент, доцент кафедри машинобудування, мехатроніки і робототехніки.

Методичні рекомендації висвітлюють організаційні та практичні аспекти виконання практичних робіт з навчальної дисципліни “Виробництво різального інструменту” здобувачів денної і заочної форм навчання за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти спеціальностей G9 «Прикладна механіка» та G11 «Галузеве машинобудування» розроблені у відповідності до освітньо-професійних програм підготовки бакалаврів для усіх форм навчання.

© Практична робота за першим
(бакалаврським) рівнем вищої
освіти
Укладачі: П. Єрьомін, О. Лисенко,
А. Кириченко, 2026
© ЦНТУ, м. Кропивницький

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
ОРГАНІЗАЦІЙНІ ВКАЗІВКИ.....	9
СТРУКТУРА І ЗМІСТ ПРАКТИЧНИХ РОБІТ.....	12
ЗАХИСТ ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ.....	13
ПРАКТИЧНА РОБОТА №1. Механічна обробка поверхонь різальних інструментів. Технологічні процеси виготовлення нормалізованих та фасонних різців. (Ознайомлення з технологією виготовлення токарних збірних різців з механічним кріпленням пластин. Проектування технологічного процесу обробки державки)	16
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 2. Технологічні процеси виготовлення свердел, зенкерів і розверток. (Вивчення послідовності виготовлення осьового інструменту на прикладі розвертки. Аналіз методів отримання канавок та базування при шліфуванні)	53
ПРАКТИЧНА РОБОТА №3. Технологічні процеси виготовлення фрез. (Технологія виготовлення фрез, послідовністю виготовлення їх основних видів на прикладі дискової трьохсторонньої фрези із твердосплавними робочими елементами)	68
ПРАКТИЧНА РОБОТА №4. Технологічні процеси виготовлення зуборізного інструменту. (Особливості технології виготовлення зуборізного інструменту та послідовністю його виготовлення на прикладі дискового довбача).....	88
ПРАКТИЧНА РОБОТА №5. Технологічні процеси виготовлення протяжного інструменту. (Вивчення технології виготовлення круглих протяжок. Аналіз операцій зубошліфування, затилювання та загартування).....	104
СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ	128

ВСТУП

Дисципліна **«Виробництво різального інструменту»** є важливою складовою професійної підготовки студентів бакалаврського рівня машинобудівних спеціальностей і логічним продовженням дисципліни «Проектування різального інструменту». Якщо під час проектування основна увага приділяється формуванню конструкції інструменту, визначенню його геометричних параметрів і виконанню розрахунків, то виробництво різального інструменту охоплює комплекс технологічних процесів, за допомогою яких спроектована конструкція перетворюється на готовий високоточний виріб із заданими експлуатаційними характеристиками.

Сучасне машинобудування висуває високі вимоги до різального інструменту. Підвищення продуктивності оброблення, скорочення виробничих циклів, забезпечення стабільної точності та якості поверхонь, оброблення важкооброблюваних матеріалів і широке застосування автоматизованого обладнання потребують інструментів із високою зносостійкістю, міцністю та геометричною точністю. Тому технологія виготовлення інструменту безпосередньо впливає на його працездатність, довговічність та економічну ефективність застосування.

Особливе місце у виробництві різального інструменту займають вибір інструментального матеріалу та підготовка заготовки. Для виготовлення сучасного інструменту використовують швидкорізальні сталі, тверді сплави, металокерамічні матеріали, надтверді матеріали, зокрема кубічний нітрид бору та алмаз, а також багатокомпонентні композиційні матеріали. Властивості цих матеріалів визначають технологію їх оброблення, методи формування робочих поверхонь і вимоги до подальшої термічної, хіміко-термічної та фінішної обробки.

Виробництво різального інструменту є складним технологічним процесом, що може включати заготівельні операції, механічну обробку, термічну та хіміко-термічну обробку, шліфування, заточування, доведення, нанесення зносостійких покриттів і контроль готового інструменту. Кожна

технологічна операція повинна бути узгоджена з конструкцією інструменту, властивостями його матеріалу та вимогами до робочих поверхонь.

Особливого значення набувають шліфувальні та фінішні операції, оскільки саме вони значною мірою визначають кінцеву геометрію різальної частини, точність і шорсткість робочих поверхонь. Для складнопрофільного інструменту необхідно забезпечити точне формування передніх і задніх поверхонь, різальних кромки, канавок, профілю зубців та інших конструктивних елементів. Навіть незначні відхилення від проектної геометрії можуть призвести до зміни умов різання, нерівномірного навантаження на інструмент, підвищеного зношування та погіршення якості обробленої деталі.

Важливою тенденцією сучасного виробництва є автоматизація та цифровізація технологічних процесів виготовлення різального інструменту. Застосування верстатів із числовим програмним керуванням, високоточних шліфувальних комплексів, роботизованих систем, координатних вимірювальних машин та цифрових систем контролю забезпечує високу стабільність технологічних операцій. CAD/CAM/CAE-технології дають змогу пов'язувати етапи проектування та виготовлення, моделювати технологічні операції, створювати керуючі програми та контролювати відповідність готового інструменту заданій конструкції.

Не менш важливим напрямом є нанесення зносостійких покриттів. Покриття на основі нітридів, карбідів та інших твердих сполучень дають змогу підвищити твердість і зносостійкість робочих поверхонь, зменшити інтенсивність адгезійного та абразивного зношування, підвищити теплостійкість і, відповідно, збільшити період стійкості інструменту. Технологічні методи нанесення покриттів повинні враховувати матеріал інструменту, його геометрію та умови подальшої експлуатації.

В умовах сучасного виробництва особливого значення набуває контроль якості різального інструменту. Контролю підлягають геометричні параметри, точність робочих поверхонь, шорсткість, твердість, стан різальних кромки, якість покриття та інші характеристики. Використання сучасних засобів вимірювання дозволяє виявляти відхилення на ранніх стадіях технологічного

процесу та забезпечувати стабільність параметрів серійно виготовленого інструменту.

Вивчення дисципліни «Виробництво різального інструменту» дає студентам можливість перейти від розуміння конструкції інструменту до комплексного розуміння технології його виготовлення. Майбутній фахівець повинен уміти встановлювати послідовність технологічних операцій, вибирати відповідне обладнання та інструмент, призначати режими оброблення, визначати технологічні бази, обґрунтовувати методи термічної та фінішної обробки, а також організовувати контроль якості готового виробу.

Практична спрямованість дисципліни сприяє формуванню у студентів інженерного мислення та технологічної компетентності, необхідних для розв'язання реальних виробничих завдань. Знання технології виготовлення різального інструменту можуть бути використані під час розроблення технологічних процесів, виконання курсових і кваліфікаційних робіт, вибору технологічного обладнання та оцінювання ефективності виробничих рішень.

Таким чином, дисципліна «Виробництво різального інструменту» формує у майбутніх бакалаврів цілісне уявлення про взаємозв'язок між конструкцією інструменту, властивостями інструментального матеріалу, технологією його виготовлення та експлуатаційними характеристиками. Її вивчення є необхідною умовою підготовки сучасного фахівця машинобудівного профілю, здатного не лише спроектувати різальний інструмент, а й обґрунтовано розробити технологію його виготовлення, при забезпеченні необхідної якості та оцінювати ефективність технологічного процесу в умовах сучасного машинобудівного виробництва.

ОРГАНІЗАЦІЙНІ ВКАЗІВКИ

Для фахівця у галузі металообробки важливо знати і володіти навичками проектування та виробництва різального інструменту. Тому метою вивчення навчальної дисципліни «Виробництво різального інструмента» є формування у студентів вміння розв'язувати такі типові задачі:

- визначення типової конструкції різального інструмента;
- графічне та аналітичне визначення профілю різальної кромки стандартного різального інструмента;
- проектування конструкції стандартного різального інструмента за існуючими методиками;
- розрахунок складових різального інструмента на міцність;
- особливості конструкції та застосування різального та допоміжного інструмента в автоматизованому виробництві.

Практична частина з дисципліни «Виробництво різального інструмента» складається з п'яти робіт та призначена для закріплення на практиці теоретичного матеріалу.

Метою практичних робіт з навчальної дисципліни «Виробництво різального інструмента» є ознайомлення майбутніх фахівців з основними положеннями виготовлення різального інструменту, відновлення його працездатності в процесі експлуатації, а також із системами автоматизованого проектування технологічних процесів виготовлення різальних інструментів.

Завдання практичних робіт з навчальної дисципліни «Виробництво різального інструмента» полягає у:

- набутті здобувачами навичок по вирішенню технологічних, економічних та організаційних завдань, при розробці технології виготовлення різального інструменту;
- оволодіння здобувачами методів розрахунку технологічних параметрів виготовлення різальних інструментів;

- опанування здобувачами загальних принципів організації та функціонуванню систем підготовки виробництва та контролю якості виготовлення різального інструменту;

- набуття здобувачами здатності приймати обґрунтовані рішення;

- формування у здобувачів навичок використання інформаційних і комунікаційних технологій для вирішення інженерних завдань.

Набутті компетентностей:

У результаті виконання практичних робіт з навчальної дисципліни студент повинен знати:

- особливості технології виготовлення різальних інструментів;

- послідовність виготовлення основних видів інструментального оснащення машинобудівного виробництва;

- основні схеми заточування (переточування) різальних інструментів різних типів;

- організацію технологічної підготовки виробництва різальних інструментів із застосуванням сучасним систем автоматизованого проектування технологічних процесів і технологічного оснащення;

- сучасні тенденції розвитку інструментального виробництва.

Результати навчання:

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен вміти:

- розробляти технологічні процеси виробництва окремих видів різального інструменту;

- розраховувати припуски і допуски на операції механічної обробки поверхонь різальних інструментів;

- вибирати необхідне інструментальне і технологічне обладнання та його оснащення;

- призначати режими обробки на операції механічної обробки і заточки різального інструменту;

- застосовувати системи автоматизованого проектування технологічних процесів, інструментального і технологічного оснащення.

Набути соціальних навичок (soft-skills):

– враховувати при прийнятті рішень основні фактори техногенного впливу на навколишнє середовище і основні методи захисту довкілля, охорони праці та безпеки життєдіяльності;

– вільно спілкуватися з професійних питань усно і письмово державною та іноземною мовою, включаючи знання спеціальної термінології та навички міжособистісного спілкування.

Передумови для вивчення дисципліни.

Враховуючи послідовність накопичення знань та інформації, практичні роботи з курсу «Виробництво різального інструмента» виконуються після викладання наступних навчальних дисциплін: «Технологія конструкційних матеріалів та матеріалознавство», «Опір матеріалів», «Технологічні основи машинобудування».

СТРУКТУРА І ЗМІСТ ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ

За своєю структурою практична робота складається з наступних елементів:

- 1) Титульний аркуш (додаток);
- 2) Тема та мета практичної роботи;
- 3) Короткі теоретичні відомості;
- 4) Розрахунково-технологічна частина;
- 5) Висновки.

Практичну роботу оформлюють від руки в зошиті або друкують на одній стороні аркуша білого паперу формату А4, шрифт – Times New Roman (для виділення прикладів, понять тощо допускається використання інших шрифтів), розмір шрифту – 14, відстань між рядками 1,5 інтервали, верхній і нижній поля – 20 мм, лівий – 30 мм, правий – 10 мм. Шрифт друку повинен бути чітким. Щільність тексту повинна бути однаковою. Загальний обсяг практичної роботи має бути від 5 до 10 аркушів.

У висновках формулюються основні результати роботи. Висновки умовно складаються з трьох логічних частин: в першій частині зазначається що саме було зроблено у роботі; у другій частині описується отриманий результат і у третій за необхідності аналізується отриманий результат. Загальний обсяг висновків не повинен перевищувати трьох-чотирьох речень.

ЗАХИСТ ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ

Звіт з практичної роботи захищається студентом в усній формі шляхом відповіді на контрольні запитання, що наведені після кожної з практичних робіт.

Критерії оцінювання відповідей студента контрольні запитання:

- Неправильна відповідь – 0 балів;
- Вірна відповідь – 1 бал.

Критерії оцінювання захисту кожної з виконаних лабораторних робіт за національною шкалою:

- Незадовільно – 0...2 бали;
- Задовільно – 3 бали;
- Добре – 4 бали;
- Відмінно – 5 балів.

Критерії оцінювання виконання кожної з практичних робіт:

- Невиконана практична робота – 0 балів;
- Виконана, але незахищена практична робота – 2 бали;
- Виконана та захищена практична робота – від 3 до 5 балів.

Загальна сума балів (ЗСБ), яку атестований здобувач може набрати протягом семестру під час виконання практичних робіт – від 15 до 25. Оцінки в балах вказані по дисципліні в цілому (ЗСБ) наведені в табл.1.

Оцінювання рівня підготовки здобувача під час проведення захисту практичної роботи здійснюється за 100-бальною шкалою, національною шкалою та шкалою ЄКТС.

Сумарна оцінка за вивчення дисципліни виставляється за 100-бальною шкалою, національною шкалою та шкалою ЄКТС.

Екзаменаційна (залікова) оцінка за шкалою ЄКТС – це оцінка, яка визначається шляхом переведення викладачем підсумкової оцінки семестрового контролю, вираженої у 100-бальній шкалі, в оцінку за шкалою ЄКТС (A, B, C, D, E, FX, F).

Екзаменаційна (залікова) оцінка за національною шкалою – це оцінка, яка визначається шляхом переведення викладачем підсумкової оцінки за 100-бальною шкалою у академічну національну оцінку («відмінно», «добре», «задовільно», «незадовільно», «зараховано», «незараховано»).

Для переводу підсумкової оцінки за вивчення навчальної дисципліни, вираженої у балах, у екзаменаційну (залікову) оцінку за національною шкалою та в екзаменаційну (залікову) оцінку за шкалою ЄКТС використовується шкала (табл. 1).

Таблиця 1

Відповідність шкали оцінювання ЄКТС національній системі оцінювання в Україні та ЦНТУ

Оцінка за шкалою ЄКТС	Визначення	Оцінка		
		За національною системою (екзамен, диф. залік, курс. проект, курс. робота, практика)	За національною системою (залік)	За 100-бальною шкалою ЦНТУ
A	ВІДМІННО – відмінне виконання лише з незначною кількістю помилок	5 (відмінно)	Зараховано	90-100
B	ДУЖЕ ДОБРЕ – вище середнього рівня з кількома помилками	4 (добре)	Зараховано	82-89
C	ДОБРЕ – в загальному правильна робота з певною кількістю грубих помилок			74-81
D	ЗАДОВІЛЬНО – непогано, але зі значною кількістю недоліків	3 (задовільно)	Зараховано	64-73
E	ДОСТАТНЬО – виконання задовольняє мінімальні критерії			60-63
FX	НЕЗАДОВІЛЬНО – потрібно попрацювати перед тим, як перескласти	2 (незадовільно)	Незараховано	35-59
F	НЕЗАДОВІЛЬНО – необхідна серйозна подальша робота			1-34

Рівень знань здобувачів вищої освіти за національною шкалою відповідає таким критеріям:

– «відмінно» – здобувач вищої освіти досконало засвоїв теоретичний матеріал, глибоко і всебічно знає зміст навчальної дисципліни, основні положення наукових першоджерел та рекомендованої літератури, логічно мислить і будує відповіді, вільно використовує набуті теоретичні знання при аналізі практичного матеріалу, висловлює своє ставлення до тих чи інших проблем, демонструє високий рівень засвоєння практичних навичок;

– «добре» – здобувач вищої освіти добре засвоїв теоретичний матеріал, аргументовано викладає його, володіє основними аспектами з першоджерел та рекомендованої літератури, має практичні навички, висловлює свої міркування з приводу тих чи інших проблем, але припускається певних неточностей і похибок у логіці викладу теоретичного змісту або при аналізі практичного матеріалу;

– «задовільно» – здобувач вищої освіти, в основному, володіє теоретичними знаннями з навчальної дисципліни, орієнтується в першоджерелах та рекомендованій літературі, але непереконливо відповідає, додаткові питання викликають невпевненість або відсутність стабільних знань; відповідаючи на запитання практичного характеру, виявляє неточності у знаннях, не вміє оцінювати факти та явища, пов'язувати їх із майбутньою діяльністю;

– «незадовільно» – здобувач вищої освіти не опанував навчальний матеріал дисципліни, не знає наукових фактів, визначень, майже не орієнтується в першоджерелах та рекомендованій літературі, наукове мислення відсутнє, практичні навички не сформовані.

До підсумкового контролю допускаються студенти, атестовані з виконання практичних робіт з дисципліни.



Мета роботи: Ознайомитися з особливостями технології виготовлення токарних різців та послідовністю виготовлення їх основних видів на прикладі складеного різця з механічним кріпленням різальної частини.

1.1. Службове призначення та характеристика конструкції інструменту

Токарні різці – одні із найбільш простих і розповсюджених металорізальних інструментів. В залежності від роду виконуваних робіт різець відноситься до прохідних відігнутих різців, які отримали найбільш широке застосування через їх універсальність, більшу жорсткість, можливість вести обробку в важко доступних місцях. Прохідним відігнутим різцем можливо вести не тільки повздожнє обточування, а й підрізати торці, знімати фаски, тому такі різці часто називаються простим комбінованим різальним інструментом.

Токарні складальні прохідні різці з механічним закріпленням твердосплавних пластин оснащуються тригранними, чотиригранними, п'ятигранними та шестигранними пластинами, розміру державки $h \times b$ в міліметрах 16×16; 20×20; 25×25; 32×32; 40×32, та довжиною L в міліметрах: 120; 140; 170; 200.

Різець прохідний з чотиригранною твердосплавною пластиною (рис. 1.1) є складеним інструментом, з державкою 1, в якій в одному з наскрізних отворів утримується штифт 5. На штифт встановлюється пластина-прокладка 7 та твердосплавна пластина 6. В другому наскрізному отворі, причому в меншому діаметрі якого нарізана різьба, а в більшому знаходиться клин-прихват 4, підпружинений пружиною 2, який утримується гвинтом 3. Гвинтом також створюють необхідну силу закріплення твердосплавної пластини в державці, на яку базується клин-прихват своїм відігнутим кінцем.

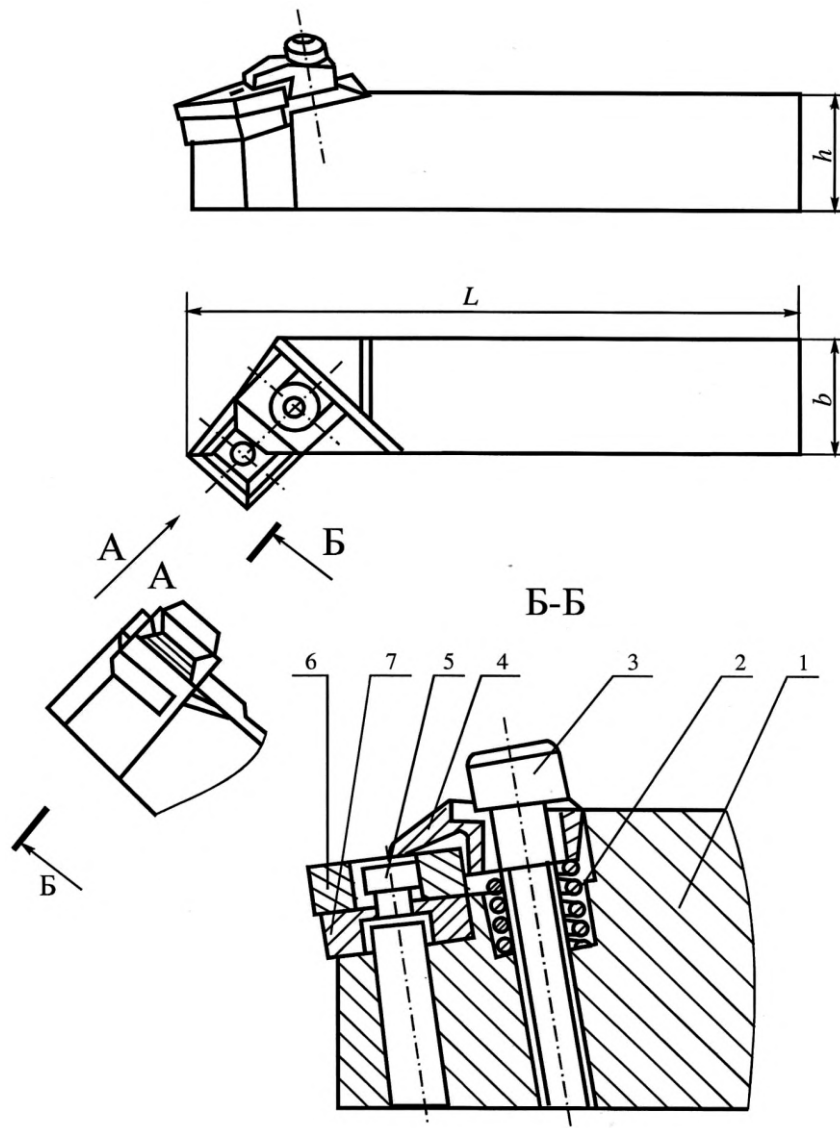


Рисунок 1.1 – Різець прохідний відігнутий з чотиригранною пластиною з твердого сплаву

Така конструкція забезпечує добре базування твердосплавної пластини і надійне її закріплення в державці. При зміні різальної грані необхідно ослабити підпружинений клин-прихват, викрутивши гвинт, після чого повернути пластину на кут 90° і знову її закріпити клином-прихватом, при цьому викрутивши гвинт.

Застосування багатогранних твердосплавних непереточуваних пластин на токарних різцях забезпечує:

- підвищення стійкості на 20-25% в порівнянні з різцями з напаяними пластинками;

– можливості підвищення режимів різання за рахунок простоти відновлення різальних властивостей багатогранних пластин завдяки їх повороту;

- зменшення витрат на інструмент в 2-3 рази;
- зменшення витрат вольфраму та кобальту в 4-4,5 рази;
- зменшення допоміжного часу на зміну та переточування різців;
- спрощення інструментального забезпечення;
- зменшення витрат абразивів.

1.2. Аналіз технологічності конструкції інструменту

Державка різця виготовляється зі сталі 50ХВА (табл. 1.1). Заготовку одержують штампуванням з наступною механічною обробкою. Це має велике значення в можливій зміні форми при нагріванні та охолодженні деталі. Твердість матеріалу HB 269. Допускається виготовлення державки зі сталі 40Х, а також з інших марок сталей, фізичні та механічні властивості яких не гірші перелічених вище. Вага виготовленої деталі 0,38 кг. Геометричні форми деталі дозволяють застосувати стандартний високопродуктивний інструмент. Конструкція деталі забезпечує вихід та вхід обробляючого інструменту.

На відігнутій головці державки є два отвори (рис. 1.2). Один з них виконаний діаметром $\varnothing 4H7$ мм під штифт. Другий отвір виконаний з метричною різьбою $M6H7$ під гвинт.

Гострі кромки, окрім кромки поверхні *И*, притуплюються фаскою $0,8 \pm 0,3$ мм або по радіусу $0,6 \pm 0,2$ мм.

Вимоги до точності, шорсткості, похибки форми державки обґрунтовані і проставлені однозначно. Шорсткість бокової поверхні під опорну пластину $Ra = 2,5$ мкм.

Допуск перпендикулярності поверхні *Е* відносно поверхні *К* $+1^\circ$.

Допуск площинності поверхні *И* та *М* $0,03$ мм в бік ввігнутості, завали, задирки не допускаються.

Допуск симетричності осей отворів *Д* та *Ж* відносно площини перерізу Б-Б - $0,2$ мм в діаметральному співвідношенні.

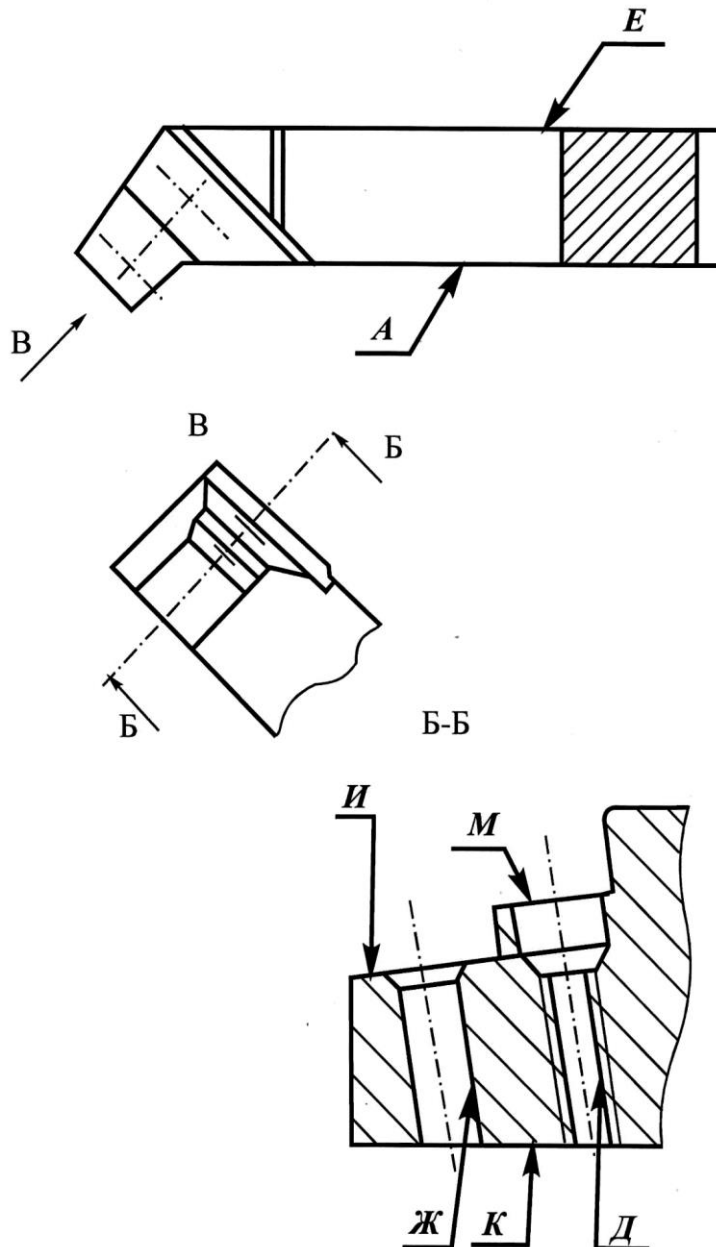


Рисунок 1.2 – Державка токарного різця

Допуск площинності поверхні $K - 0,05$ мм в бік ввігнутості.

В цілому деталь доволі технологічна, допускає застосовувати високопродуктивні режими обробки, має гарні базові поверхні для початкових операцій та проста за конструкцією (рис. 1.2).

Пружина виготовляється з проволочи П-1,2. Матеріал проволочи – сталь 65Г (табл. 1.1). Пружина після механічної обробки проходить термообробку. Після навивання та відрізки торці пружини шліфуються. Шорсткість торців $Ra = 6,3$ мкм. Твердість матеріалу НВ 229. Вага пружини 1,38 г. Деталь в цілому є технологічною.

Таблиця 1.1

Хімічний склад та фізико-механічні властивості матеріалів деталей різця

Назва деталі	Матеріал деталі	Хімічний склад, %						Твердість матеріалу, <i>HV</i>	Фізико- механічні властивості			
									σ _В , МПа	σ _Т , МПа		
Державка	Сталь 50ХФА	C	Si		Mn	Cr		V	269	1300	1100	
		0,46-0,64	0,17-0,37		0,50-0,80	0,80-1,1		0,1-0,2				
Клин- прихват	Сталь 40Х	C	Si	Mn	Cr	не більше				217	1000	800
		0,35-0,45	0,50-0,80	0,17-0,37	0,10-1,1	P	S	Cu	Ni			
						0,04	0,04	0,30	0,25			
Пружина	Сталь 65Г	C	Si	Mn	не більше					229	750	440
		0,02-0,7	0,17-0,37	0,9-1,2	P	S	Cr	Ni	Cu			
					0,04	0,04	0,25	0,25	0,25			
Штифт	Сталь У7А	C	Mn	Si	не більше					287	780	460
		0,65-0,74	0,15-0,3	0,15-0,3	0,03	0,15	0,2	0,2	0,2			
					S	P	Cr	Ni	Cu			

Клин-прихват виготовляється зі сталі 40Х (табл. 1.1) і проходить механічну та термічну обробку. Твердість матеріалу НВ 217. Вага клину-прихвату 9,5 г. Геометричні форми деталі дозволяють застосовувати стандартний високопродуктивний інструмент.

Поверхні деталі мають два пази, один із яких більш трудомісткий при обробці. Фрезеруючи цей паз необхідно витримати наступні розміри: $b = 6,5^{+0,3}$ мм; кут $\alpha = 10^\circ \pm 30'$; $L = 2,2 \pm 0,1$ мм.

Допуск ввігнутості поверхонь A та B 0,1 мм, опуклість не допускається. Вимоги до точності, шорсткості клину-прихвату обґрунтовані і проставлені однозначно.

Штифт виготовляється із прутка d -Г-З-Т. Матеріал прутка сталь У7А (табл. 1.1). Твердість НВ 287. Після механічної обробки штифт проходить термообробку. Деталь досить технологічна, допускає застосування високопродуктивних режимів обробки, має хороші базові поверхні і досить проста по конструкції.

1.3. Вибір типу виробництва, вид заготовки

Згідно завдання обираємо програму випуску різців у розмірі 5000 шт. на рік. Тип виробництва – серійний, із застосуванням обробного центру з ЧПУ. В якості заготовки обираємо прямокутний гарячекатаний прокат із сталі 45. Всі інші застосовані матеріали складеного різця зведено у таблицю 1.1.

1.4. Маршрутна технологія виготовлення різця

Згідно базових технологічних процесів механічна обробка деталей різця виконуються за наступним маршрутом (табл. 1.2).

Послідовність операцій при виготовленні державки, пружини, клину-прихвату та штифта, а також складання різця виконана вірно, що дозволяє отримати деталі заданої якості.

Всі операції технологічних процесів достатньо оснащені, обладнання відповідає вимогам кожної операції.

Таблиця 1.2

Маршрутна технологія механічної обробки деталей складеного різця

Найменування деталі	№ операції	Зміст операції	Обладнання	$T_{шт}, хв$
1	2	3	4	5
Державка	1	Заготівельна		
	2	Штампова		
	3	Фрезерна. Фрезерувати 2 поверхні, витримуючи розміри 29 мм. Гострі кромки притупити	6P12	3,34
	4	Шліфувальна. Шліфувати опорну поверхню E , витримуючи розмір	ЗД722	2,5

1	2	3	4	5
	5	Фрезерна. Фрезерувати бокову поверхню Е, витримуючи розмір 22,5 мм	6P12	1,67
	6	Фрезерна. Фрезерувати внутрішню поверхню Б на чисто	6P12	2,5
	7	Фрезерна. Фрезерувати внутрішню поверхню Б в розмір, витримуючи розміри по кресленню	6P12	1,25
	8	Фрезерна. Фрезерувати задню допоміжну поверхню, витримуючи розмір 15,6 кут 45°	6P12	1,25
	9	Фрезерна. Фрезерувати задню поверхню (головну грань) витримуючи розміри, гострі кромки притупити кругом	6P12	1,67
	10	Фрезерна. Фрезерувати задню допоміжну грань, витримуючи розміри	6P12	1,67
	11	Фрезерна. Фрезерувати торець в розмір 149 мм	6P12	1,84
	12	Шліфувальна. Зняти фаски на торці 1x45° і ребрах з боку опорної поверхні	3Б542	0,9
	13	Фрезерна. Фрезерувати заниження, витримуючи розміри	6P12	2,92
	14	Фрезерна. Фрезерувати поверхню під клин, витримуючи розміри на кінці державки, гострі кромки притупити	ДФ-92	1,67
	15	Фрезерна. Фрезерувати поверхню під (клин) опорну пластину, витримуючи розміри	ДФ-92	2,08
	16	Свердлити отвір Ø 4,8 мм витримуючи розміри	2Н125	0,83

1	2	3	4	5
	17	Розвернути отвори Ø 5Н 11 мм	2Н125	0,46
	18	Зняти дві фаски в отворі Ø 5 мм; 0,5х45°	2Н125	0,56
	19	Свердлити отвори Ø 4,95 мм, витримуючи розміри	2Н125	0,83
	20	Зняти фаску в отворі Ø 11 мм, 0,5х45°	2Н125	0,28
	21	Розсвердлити отвір Ø 11 мм, витримуючи розміри	2Н125	0,46
	22	Зняти фаску, свердлити отвори Ø 4,95 мм	2Н125	0,28
	23	Нарізати різьбу в отворі М6-6Н	2Н125	0,83
	24	Зачистити задирки кругом. Притупити гострі кромки	ЗБ642	4,2
	25	Слюсарні. Зняти фаску 0,8х45° на головці різця	ЗГ71Н	1,85
	26	Пресо́ва. Маркувати	прес	0,46
Клин-прихват	1	Заготівельна		
	2	Шліфувальна. Шліфувати дві площини в розмір 8,5 мм.	ЗБ756	1,67
	3	Фрезерна. Фрезерувати два ребра в розмір 16,8 мм	6Р12	0,42
	4	Фрезерна. Фрезерувати кути згідно креслення	6Р12	0,67
	5	Фрезерна. Фрезерувати кути	6Р12	0,83
	6	Фрезерна. Фрезерувати радіус 1,2 мм	6Р12	0,83
	7	Фрезерна. Фрезерувати кут , витримуючи розмір 3,7 мм, гострі кромки притупити	6Р12	ІД
	8	Шліфувальна. Шліфувати радіус 0,8 мм	точило	0,57

1	2	3	4	5
	9	Фрезерна. Фрезерувати кути, витримавши розміри 14,1 мм; 2,1 мм; гострі кромки притупити	6P12	0,83
	10	Відрізна. Розрізати на деталі. Зняти задирки	3Б642	0,67
	11	Шліфувальна	3Д722	1,2
	12	Фрезерна. Фрезерувати два кута, витримуючи розмір 16 мм; зняти задирки	6P12	1,3
	13	Свердлувальна. Свердлувати отвір 06,5 мм Зняти задирки	6P11	2,5
	14	Фрезерна. Фрезерувати паз; Зняти задирки	6P11	4,2
	15	Фрезерна. Фрезерувати паз 6,5 мм; Зняти задирки	6P11	2,5
	16	Фрезерна. Фрезерувати заниження	6P11	1,67
	17	Слюсарна. Гострі кромки притупити кругом.	6P11	0,96
Штифт	1	Відрізна. Зняти фаску, відрізати заготовку		
	2	Шліфувальна. Шліфувати торець зі сторони бобишки		
	3	Накатна		
Пружина	1	Токарна. Навити пружину		
	2	Відрізна. Відрубати на довжина		
	3	Шліфувальна. Шліфувати торці		

Однак операції механічної обробки державки різця (табл. 1.2), які виконуються на фрезерних та вертикально-свердлильних верстатах можливо буде доцільно замінити операціями на вертикальному обробному центрі.

Це дозволить значно скоротити площину, яку займають верстати, підвищити коефіцієнт завантаження обладнання. При цьому значно скоротиться час на виготовлення державки, що дозволить застосовувати прогресивні режими різання при високому ступені концентрації операцій.

1.5. Розробка операційної технології виготовлення державки різця

При розробці маршруту технологічного процесу на державку користуємося типовим технологічним процесом виготовлення деталі загальномашинобудівного використання, а також використовуємо дані базового технологічного процесу. Для маршруту виготовлення державки (рис. 1.3) складаємо таблицю (табл. 1.3).

1.6. Вибір технологічних баз

Розробивши маршрут обробки вибираємо технологічні бази для кожної технологічної операції. Вибір технологічних баз починаємо з чорнової бази – бази на першій операції технологічного процесу, призначення якої – забезпечити одержання технологічних баз для наступних операцій. При виборі чорнової технологічної бази виходимо із необхідності забезпечення більш рівномірного зняття припусків з найбільш точних і важливих для деталі поверхонь.

При виборі технологічних баз на наступних операціях керуємося ознакою єдності баз.

Встановивши кількість переходів по обробці поверхонь, намітивши маршрут обробки державки з вибором схем базування, проектуємо операції технологічного процесу. При цьому намагаються підбирати таку структуру операцій, яка б забезпечила зменшення штучного часу.

По характеру операції, прийнятому методу і точності обробки, вибраному типу виробництва визначаємо тип і модель верстату для кожної операції технологічного процесу. Спроектований маршрут обробки державки, вибране обладнання, структуру і зміст операцій представлені в таблиці 1.3.

Вибираємо моделі верстатів, які застосовуються на виконуваних операціях відповідно до розробленого маршруту обробки державки. Контрольовані параметри державки наведені на рис. 1.4 та в таблиці 1.4.

Таблиця 1.3

Технологічний маршрут виготовлення державки різця

№ опер.	Найменування і зміст операції	Обладнання
1	2	3
005	Фрезерна. Фрезерувати поверхню A_1	Карусельно-фрезерний, мод. 6A23
010	Шліфувальна. Зняти задирки на ребрах	Точильно-шліфувальний, мод. ПШ-400
015	Фрезерна. Фрезерувати опорну поверхню А	A6A23
020	Шліфувальна. Зняти задирки на ребрах	ПШ-400
025	Шліфувальна. Шліфувати опорну поверхню А	Плоскошліфувальний, мод. 3Б756
030	Фрезерна. Фрезерувати бічну поверхню А	Вертикально-фрезерний, мод. 6P12
035	Фрезерна. Фрезерувати бічну поверхню Б	Горизонтально- фрезерний, мод. 6P82
040	Фрезерна. Фрезерувати поверхню Г	6P82
045	Фрезерна. Фрезерувати поверхню Д	6P82
050	Фрезерна. Фрезерувати поверхні попередньо E_1, E	6P12
055	Фрезерна. Фрезерувати поверхні остаточно E_1, E	6P12
060	Шліфувальна. Зняти фаски 1×45 на торцях та на ребрах зі сторони опорної поверхні	Точильно-шліфувальний мод. 3Б634
065	Фрезерна. Фрезерувати поверхню A_1 остаточно	6P12
070	Фрезерна. Фрезерувати поверхню під клин Z_1	Вертикально-фрезерний, мод. ДФ-92
075	Фрезерна. Фрезерувати поверхню під опорну пластину попередньо З	ДФ-92

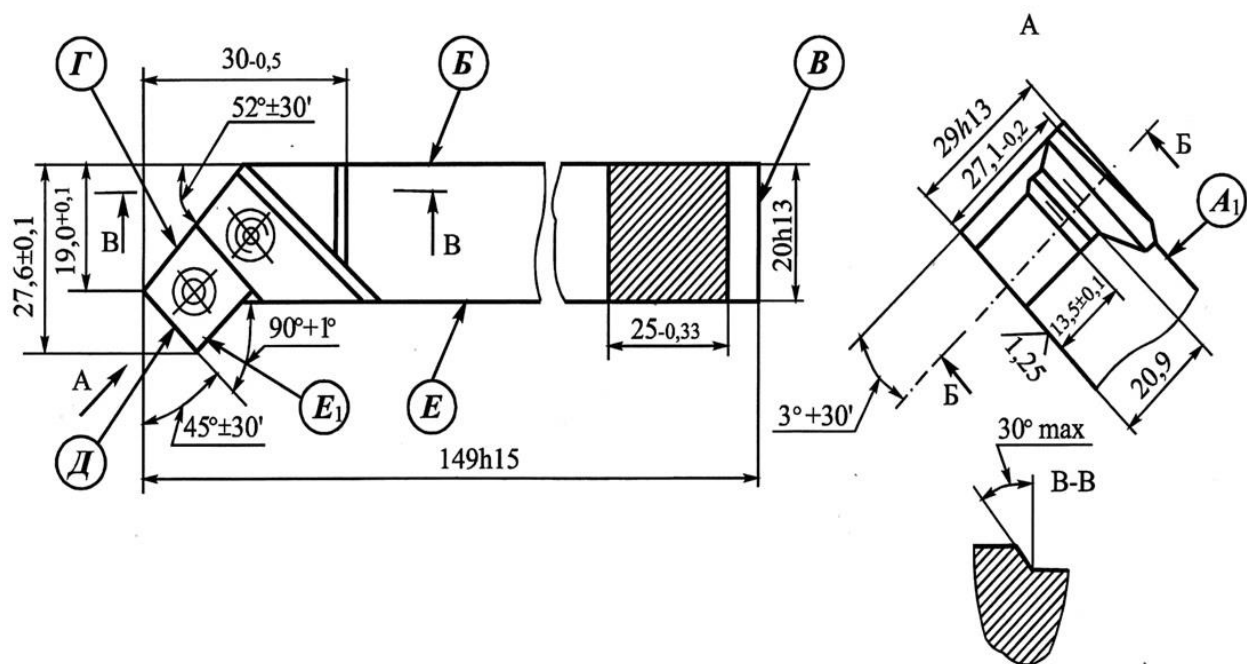
Продовження таблиці 1.3

1	2	3
080	Фрезерна. Фрезерувати поверхню під опорну пластину 3 остаточно	ДФ-92
085	Свердлильна. Свердлити отвори під штифт К та гвинт К ₁ , К ₂	2Н125
090	Шліфувальна. Шліфувати поверхню під опорну 3 пластину	ЗБ642

Таблиця 1.4

Загальна таблиця технологічних маршрутів обробки поверхонь

Позначення поверхні	Допуск на поверхню деталі δ_d , мм	Шорсткість поверхні R_a	Допуск на заготовку δ_z , мм	Загальне уточнення ε_3	Можливі технологічні маршрути обробки поверхні		Економічні допуски на проміжні методи обробки	Частинні коефіцієнти уточнення
					№	Зміст маршруту		
А, А ₁	0,2	3,2	2	10	1	1-ше чорнове фрезерування	0,300	3,33
Б, Е (Е ₁)	$\varepsilon_\phi=6,23$					2-ге чистове фрезерування	0,160	1,87
Г, Д	0,33	20	2	6,06	1	фрезерування	0,120	16,6
З, З ₁	$\varepsilon_\phi=16,6$							
К	0,12	20	2	16,7	1	1-ше свердління	0,100	—
	$\varepsilon_\phi=8,33$					2-ге розгортання	0,012	8,33
К ₁ , (К ₂)	0,2	20	2	6,06	1	1-ше свердління	0,240	—
						2-ге розсвердлювання	0,120	2,00
В	0,2	20	2	6,06	1	фрезерування	0,120	1,87
	$\varepsilon_\phi=1,87$							



Б-Б (М 2:1)

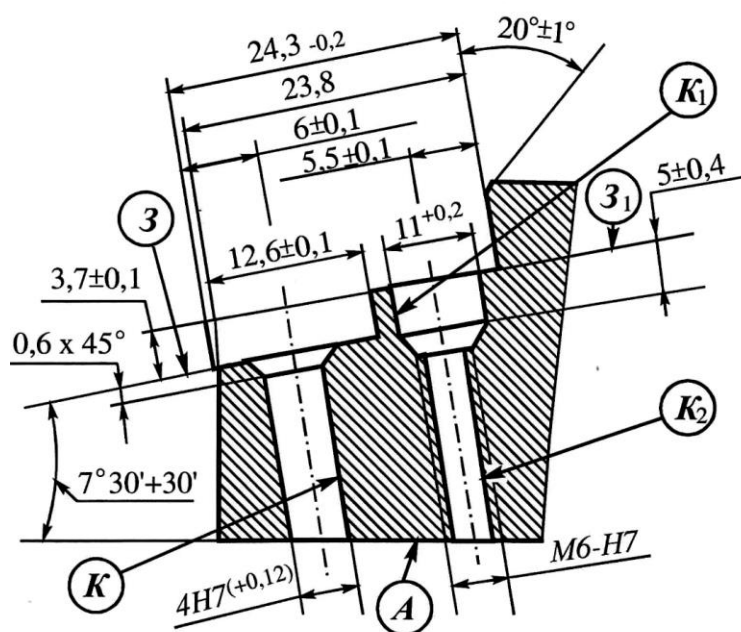
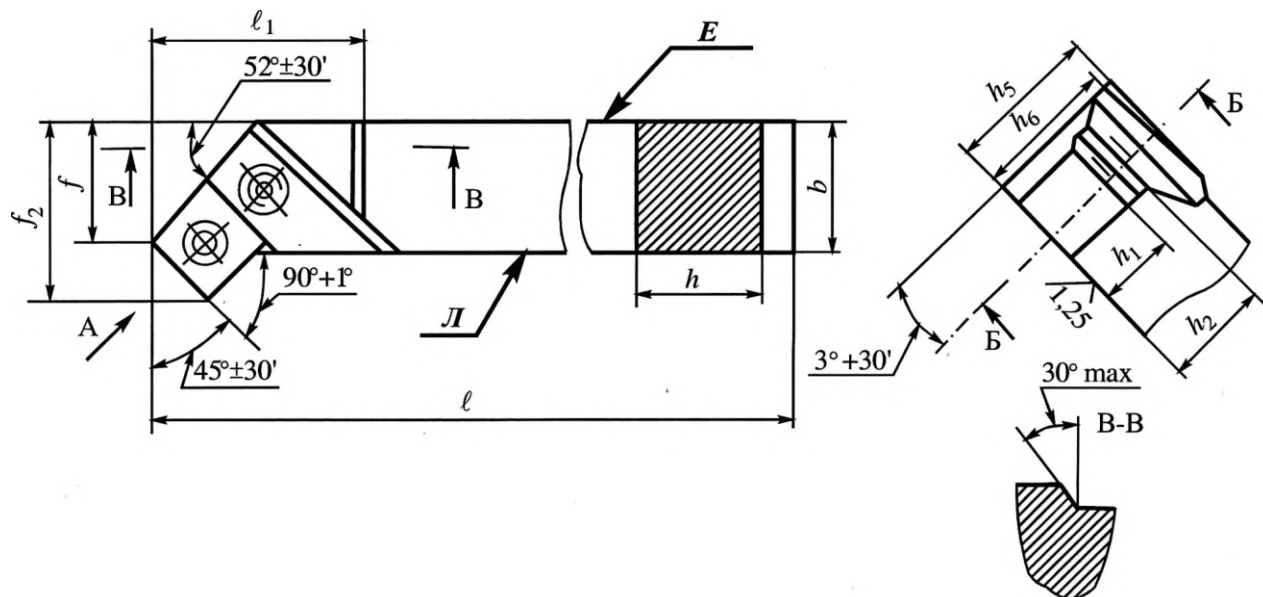


Рисунок 1.3 – Ескіз державки токарного різця
з позначенням базових поверхонь



Б-Б (М 2:1)

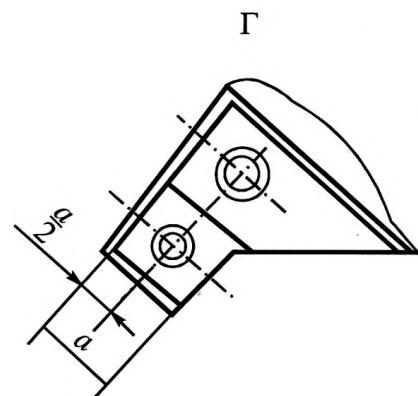
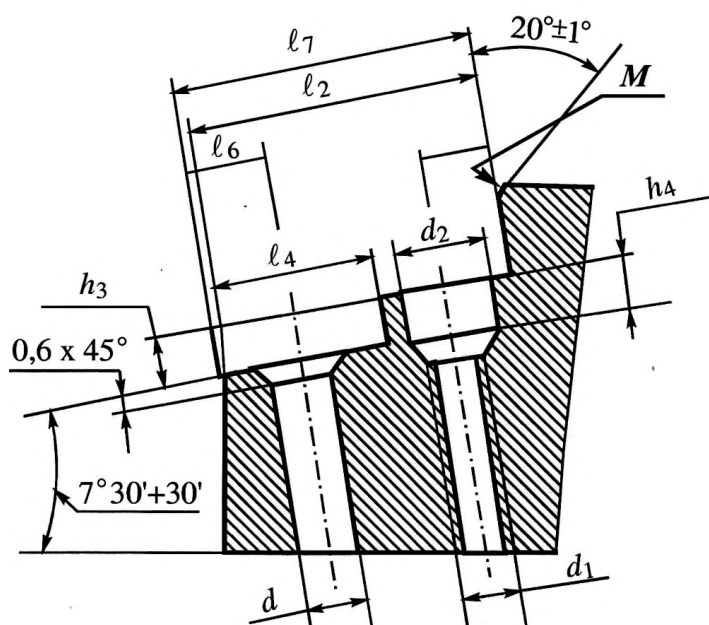


Рисунок 1.4 – Ескіз державки для контролю її параметрів

1.7. Розрахунок припусків і операційних розмірів поверхонь державки різця

Розрахунок припусків і операційних розмірів поверхонь А, А₁ (рис. 1.3).

1. Обираємо маршрут обробки і допуск δ . Визначаємо допуск на заготовку.

Операція 000	Заготовка	– $\delta = 1,0$ мм
Операція 005; 015	Фрезерування чорнове	– $\delta = 0,3$ мм
Операція 025; 065	Шліфування, фрезерування чистове	– $\delta = 0,3$ мм

Приймаємо R_z і T для всіх операцій дорівнює нулю $\varepsilon_6 = 0$, тоді похибка встановлення:

$$\varepsilon_y = \varepsilon_z, \quad (1.1)$$

де ε_z – похибка при закріпленні заготовки.

Для операції 005 – $\varepsilon_z = 35$ мкм;

000 $R_z = 150$ мкм; $T=200$ мкм; $\rho = 450$ мкм; $\varepsilon = 50$ мкм;

005 $R_z = 150$ мкм; $T=200$ мкм; $\rho = 450$ мкм; $\varepsilon = 0$ мкм;

010 $R_z = 50$ мкм; $T=50$ мкм; $\rho = 150$ мкм; $\varepsilon = 0$ мкм;

025 $R_z=50$ мкм; $T=50$ мкм; $\rho = 100$ мкм; $\varepsilon = 0$ мкм;

065 $R_z=10$ мкм; $T=15$ мкм.

2. Розраховуємо розмірні припуски для послідовної обробки протилежно розміщених поверхонь по формулі:

$$Z_{I\min} = R_{zi-1} + T_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_{i-1}, \quad (1.2)$$

тоді мінімальні припуски для чорнового фрезерування операції 005, 015 будуть:

$$z_{\min 005} = 150 + 200 + 450 + 50 = 850 \text{ мкм},$$

а мінімальні припуски для чистового фрезерування та шліфування (робимо припущення що ці операції рівноцінні) для операцій 025 та 065 будуть такі:

$$z_{\min 025} = 50 + 50 + 150 = 250 \text{ мкм},$$

$$z_{\min 065} = 50 + 50 + 100 = 200 \text{ мкм}.$$

Таким чином, маємо розрахунковий (розмір на кресленні) розмір, після останнього переходу (операція 065) $h_{005} = 25h_{13(-0.16)}$ мм, на решту переходів отримаємо наступні розрахункові розміри:

- для операції 065

$$h_{p065} = 24,84 \text{ мм};$$

- для операції 025 (шліфувальна)

$$h_{p025} = h_{\min} + z_{\min 2} = 25,04 + 0,2 = 25,24 \text{ мм};$$

- для операції 010 (фрезерування чорнове)

$$h_{p010} = h_{025} + z_{\min 2} = 25,04 + 0,2 = 25,24 \text{ мм};$$

- для операції 005 (фрезерування чорнове)

$$h_{P005}=h_{015}+z_{\min 1}=25,24+0,7=25,94 \text{ мм};$$

- для операції 000 (заготовки)

$$h_{P000}=h_{005}+z_{\min 1}=25,94+0,7=26,64 \text{ мм}.$$

Розрахунковий розмір заноситься в графу 7 таблиці 1.5, причому з кінцевого розміру, який проставлений на кресленні.

В графу 8 таблиці 1.5 заносимо допуск на кожний технологічний перехід та заготовку. В графу 9 «Найменший граничний розмір» заносять розрахункові розміри, округлюючи їх значення в більший бік.

Найбільші граничні розміри знаходять шляхом додавання допуску до округленого найменшого граничного розміру та заносять в графу 10 таблиці 1.5.

Граничні значення припусків $Z_{\max}^{\text{np}}$ знаходять як різницю найбільших граничних розмірів та $Z_{\min}^{\text{np}}$ – як різницю найменших граничних розмірів попереднього та виконуваного переходів. Знайдені значення заносимо відповідно в графи 11 та 12 таблиці 1.5.

Будуємо схему (рис. 1.5) графічного розташування припусків та допусків на обробку поверхонь А та А₁.

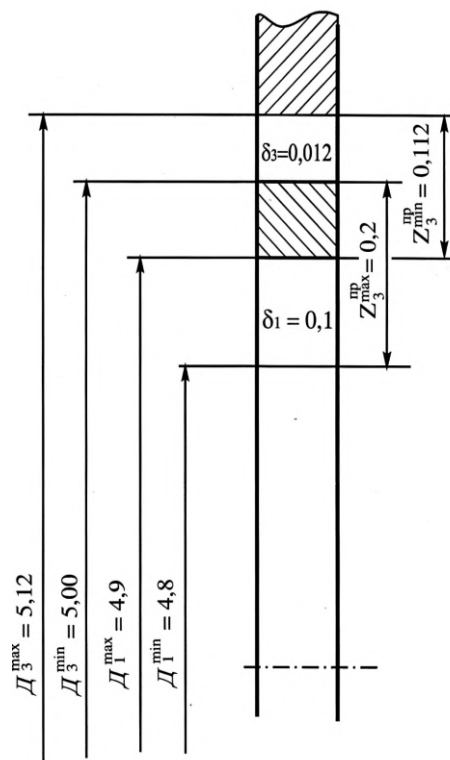


Рисунок 1.5 – Схема графічного розташування припусків та допусків на обробку поверхні А

Розрахунок припусків і операційних розмірів для поверхні К (див. рис. 1.3)

1. Обираємо маршрут обробки і допуск δ .

085 Операція

Позиція 1. Свердлувати отвір – $\delta_1 = 0,1$ мм

Позиція 3. Розгорнути отвір – $\delta_3 = 0,12$ мм

Обираємо R_z і T для всіх операцій та визначаємо, що похибка встановлення при незміні баз і свердлуванні і суцільному матеріалі дорівнює нулю. Тоді:

1. $R_z = 40$ мкм; $T = 60$ мкм; $\rho = 0$;

2. $R_z = 10$ мкм; $T = 25$ мкм; $\rho = 0$.

2. Розраховуємо розмірні припуски для послідовної обробки отвору

$$2 \cdot z_{\min} = 2 \cdot (R_{z_{\min}} + T_{i-1}) \quad (1.3)$$

$$2 \cdot z_{\min} = 2 \cdot (40 + 60) = 200 \text{ мкм}$$

На кресленні проставлений розмір $\varnothing 5H7(^{+0,012})$ мм тоді розрахунковий розмір для попередньої операції:

$$D_{p1} = D_{\min} - z_{\min} = 5 - 0,02 = 4,98 \text{ мм} \quad (1.4)$$

Всі розміри та знайдені граничні припуски заносимо до таблиці 1.5.

Будуємо схему графічного розташування припусків та допусків на обробку поверхні К.

Розрахунок припусків та операційних розмірів для всіх інших поверхонь виконуємо аналогічно з результатами заносимо до таблиці 1.5.

Схеми базування при обробці основних поверхонь оправки різця наведено у п.п. 1.9. Приклади робочих креслень.

Таблиця 1.5

Розрахункова таблиця припусків та операційних розмірів

Позначені поверхні	Технологічні переходи обробки поверхні та № операції	Елементи припуску, мкм			Розрахунковий припуск $Z_{\min}$, $2Z_{\min}$ мкм	Розрахунковий розмір, мм	Допуск δ , мкм	Граничні розміри		Граничні значення припусків, мкм	
		Rz	T	$\rho+\epsilon$				min	max	$Z_{\min}^{np}$	$Z_{\min}^{np}$
A, A ₁	000 Заготовка	150	200	500	—	26,94	1000	27,0	28,0	—	—
	005 Фрезерування чорнове (A)	150	200	450	850	26,09	300	26,1	26,4	900	1600
	015 Фрезерування чорнове (A ₁)	50	50	150	800	25,29	300	25,29	25,59	810	810
	025 Шліфувальна (A)	50	50	100	250	25,04	160	25,04	25,2	250	390
	065 Фрезерування чистове (A ₁)	10	15	—	200	24,84	160	24,84	25,0	200	200
K	085 Свердлувальна	40	60	—	—	4,8	100	4,8	4,9	—	—
	085 Розгортальна	10	25	—	200	5,0	12	5,0	5,012	112	200
B, E, (E ₁)	000 Заготовка	150	200	500	—	21,74	1000	21,8	22,8	—	—
	050 Фрезерування чорнове (B)	150	200	450	850	20,89	300	20,9	21,2	900	1600
	050 Фрезерування чорнове (E, E ₁)	50	50	150	800	20,09	300	20,09	20,39	810	810
	055 Фрезерування чистове (E, E ₁)	50	50	100	250	19,84	160	19,84	20,0	250	390
B	000 Заготовка	150	200	500	850	148,2	3000	148,2	151,2	—	—
	035 Фрезерування чорнове (B)	150	200	450	800	147,4	1600	147,4	149	800	2200
K ₁ (K ₂)	085 Свердлувальна	40	60	—	—	4,95	240	4,95	5,19	—	—
	085 Розсвердлювальна	40	60	—	200	11,0	120	11,0	11,12	5930	6050

Примітки: 1. Для поверхні K₁ отримані технологічні припуски;для поверхні K₂ припуски будуть дорівнювати глибині різання.2. Для поверхонь Г, Д, З, З₁ граничні припуски будуть дорівнювати граничним припускам поверхні В.

1.8. Призначення режимів різання

Розрахунок режимів різання виконуємо для операції 085, де Свердлувальний обробний центр з ЧПК з сімома позиціями, одна з яких одна завантажувальна, а шість інші робочі.

Необхідно знайти оптимальні режими різання для шести позицій Свердлувальний обробний центр з ЧПК.

Зміст позицій.

- 01. Свердлувати отвір $\ell = 22,5$ мм, діаметром $\varnothing 4,8$ мм;
- 02. Зняти фаску в отворі $\varnothing 4,8-0,5 \times 45^\circ$;
- 03. Розгорнути отвір $\ell = 22,5$ мм діаметром $\varnothing 5$ мм;
- 04. Свердлувати отвір $\ell = 22,5$ мм, діаметром $\varnothing 4,95$ мм;
- 05. Розсвердлювання отвору $\ell = 7$ мм, діаметром $\varnothing 11$ мм;
- 06. Нарізати різьбу $\ell = 17,2$ М6.

Обробний матеріал – сталь 50ХФА;

НВ 269; $\sigma = 60$ МПа.

1. Обираємо інструмент для кожної позиції і встановлюємо значення його геометричних параметрів.

01. Свердло спіральне, $\varnothing 4,8$ мм із швидкорізальної сталі Р6М5 з довжиною робочої частини 100 мм і циліндричним хвостовиком. Значення геометричних параметрів при формі заточування – з двома з підточуванням передньої кромки:

$$\omega = 30^\circ; 2\varphi = 118^\circ; \psi = 50^\circ; \alpha = 16^\circ; \nu = 2 \text{ мм}; a = 1,2 \text{ мм}; \ell = 3 \text{ мм}.$$

02. Свердло спіральне, $\varnothing 5,8$ мм із швидкорізальної сталі Р6М5 з довжиною робочої частини 100 мм і циліндричним хвостовиком. Значення геометричних параметрів при формі заточування – з двома з підточуванням поперечної кромки:

$$\omega = 30^\circ; 2\varphi = 118^\circ; \psi = 50^\circ; \alpha = 16^\circ; \nu = 2 \text{ мм}; a = 1,2 \text{ мм}; \ell = 3 \text{ мм}.$$

03. Розточування $\varnothing 5$ мм з довжиною робочої частини 120 мм із швидкорізальної сталі Р6М5 і циліндричним хвостовиком. Значення геометричних параметрів при формі заточування виконання 1:

$$\Phi = 15^\circ; f_1 = 0,5 \text{ мм}; f = 0,1 \text{ мм}; \alpha_3 = 10^\circ; \alpha_k = 15^\circ.$$

04. Свердло спіральне, $\varnothing 5$ мм із швидкорізальної сталі Р6М5 з довжиною робочої частини 125 мм і циліндричним хвостовиком. Значення геометричних параметрів при формі заточування – здвоєна з підточуванням поперечної кромки:

$$\omega = 30^\circ; 2\varphi = 118^\circ; \psi = 50^\circ; \alpha = 16^\circ; \varphi = 2 \text{ мм}; a = 1,2 \text{ мм}; \ell = 3 \text{ мм}.$$

05. Свердло спіральне, $\varnothing 11$ мм із швидкорізальної сталі Р6М5 з довжиною робочої частини 80 мм і циліндричним хвостовиком:

$$\omega = 30^\circ; 2\varphi = 118^\circ; \psi = 50^\circ; \alpha = 16^\circ; \varphi = 2 \text{ мм}; a = 1,2 \text{ мм}; \ell = 3 \text{ мм}.$$

06. Мітчик М6 мм із швидкорізальної сталі Р6М5. Значення геометричних параметрів:

$$P = 0,5 \text{ мм}; z = 3; L = 90 \text{ мм}; \ell = 28; \omega = 10^\circ 30'; \alpha = 4^\circ; \gamma = 10^\circ.$$

2. Призначаємо період стійкості в хвилинах машинної роботи верстату:

$$T = T_m \cdot \lambda, \quad (1.5)$$

де $T_m = 100$ мм;

λ – коефіцієнт часу обертання кожного інструменту.

$$\lambda = \frac{l}{L_{p.x.}}, \quad (1.6)$$

де $L_{p.x.}$ – довжина різання;

$$L_{p.x.} = \ell + \ell_I, \quad (1.7)$$

де ℓ – довжина різання;

ℓ_I – довжина врізання та перебігу.

$$\ell_I = \ell_1 + \ell_2. \quad (1.8)$$

2.1. Визначаємо довжину врізання та перебігу для кожного інструменту.

01. Довжина врізання.

$$\ell_1 = (D/2) \cdot \operatorname{ctg} \phi + 1 \quad (1.9)$$

$$\ell_1 = (4,8/2) \cdot \text{ctg}59 + 1 = 2,4 \text{ мм.}$$

Довжина перебігу:

$$\ell_2 = 1 \text{ мм.}$$

$$\ell_1 = 2,4 + 1 = 3,4 \text{ мм.}$$

02

$$\ell_1 = (5,8/2) \cdot \text{ctg}59 + 1 = 2,7 \text{ мм,}$$

$$\ell_2 = 0 \text{ мм,}$$

$$\ell_1 = 2,7 \text{ мм.}$$

03. Величина врізання та перебігу при розсортуванні приймається:

$$\ell_1 = 8 \text{ мм.}$$

04.

$$\ell_1 = (5/2) \cdot \text{ctg}59 + 1 = 2,5 \text{ мм,}$$

$$\ell_2 = 1 \text{ мм,}$$

$$\ell_1 = 2,5 + 1 = 3,5 \text{ мм.}$$

05. Величина врізання та перебігу при розсвердлюванні $\ell_1 = 4 \text{ мм.}$

06. Величина врізання та перебігу при нарізанні різьби мітчиком:

$$\ell_1 = (2,5 \div 3) \cdot P, \tag{1.10}$$

де P – крок різьби, $P = 0,5 \text{ мм};$

$$\ell_1 = 2,5 \cdot 0,5 = 1,25 \text{ мм.}$$

2.2. Довжина робочих ходів.

$$01. L_{\text{р.х.}} = 22,5 + 2,4 = 24,9 \text{ мм;}$$

$$02. L_{\text{р.х.}} = 0,5 + 2,7 = 3,2 \text{ мм;}$$

$$03. L_{\text{р.х.}} = 22,5 + 8 = 30,5 \text{ мм;}$$

$$04. L_{\text{р.х.}} = 24,2 + 3,5 = 27,7 \text{ мм;}$$

$$05. L_{\text{р.х.}} = 7 + 4 = 11 \text{ мм;}$$

$$06. L_{\text{р.х.}} = 21 + 1,25 = 22,25 \text{ мм.}$$

2.3. Визначаємо коефіцієнт часу на врізання інструменту.

$$01. \quad \lambda = \frac{22,5}{24,9} \approx 0,9;$$

$$02. \quad \lambda = \frac{0,5}{3,2} \approx 0,156;$$

$$03. \quad \lambda = \frac{22,5}{30,5} \approx 0,737;$$

$$04. \quad \lambda = \frac{24,2}{27,5} \approx 0,88;$$

$$05. \quad \lambda = \frac{7}{11} \approx 0,636;$$

$$06. \quad \lambda = \frac{21}{22,5} \approx 0,933.$$

2.4. Визначаємо період стійкості кожного інструменту наладки.

$$01. \quad T = 0,9 \cdot 100 = 90 \text{ хв};$$

$$02. \quad T = 0,16 \cdot 100 = 16 \text{ хв};$$

$$03. \quad T = 0,74 \cdot 100 = 74 \text{ хв};$$

$$04. \quad T = 0,88 \cdot 100 = 88 \text{ хв};$$

$$05. \quad T = 0,64 \cdot 100 = 64 \text{ хв};$$

$$06. \quad T = 0,94 \cdot 100 = 94 \text{ хв}.$$

3. Визначаємо подачі для кожного інструменту:

$$S = C_s \cdot D^{0,6}, \text{ [мм/об]}, \quad (1.11)$$

де C_s – коефіцієнт, який залежить від механічних властивостей обробного матеріалу, $C_s = 0,063$

$$01. \quad S = 0,063 \cdot 4,8^{0,6} = 0,16 \text{ мм/об}.$$

З коригуванням за паспортом головки силової У1Х4035.000

$$S = 0,15 \text{ мм/об для } L_{p.x} = 24 \text{ мм}.$$

$$02. \quad S = 0,063 \cdot 5,8^{0,6} = 0,18 \text{ мм/об}.$$

З коригуванням за паспортом

$$S = 0,094 \text{ мм/об для } L_{p.x} = 5 \text{ мм}.$$

03. Подача для розвертки приймаємо $S = 0,56 \text{ мм/об}.$

З коригуванням за технічними параметрами

$$S = 0,564 \text{ мм/об для } L_{p.x} = 32 \text{ мм.}$$

04. $S = 0,063 \cdot 5,0^{0,6} = 0,165 \text{ мм/об.}$

З коригуванням за технічними параметрами

$$S = 0,154 \text{ мм/об для } L_{p.x} = 28 \text{ мм.}$$

05. $S = 0,063 \cdot 11^{0,6} = 0,27 \text{ мм/об.}$

З коригуванням за технічними параметрами

$$S = 0,258 \text{ мм/об для } L_{p.x} = 11 \text{ мм.}$$

06. При нарізанні різьби $S = P$ таким чином подача і оберти мечика

$$S = P - 0,5 \text{ мм/об.}$$

З коригуванням за технічними параметрами:

$$S = 0,498 \text{ мм/об для } L_{p.x} = 28 \text{ мм.}$$

4. Визначаємо швидкість різання

01. а) Допустимі різальні властивості свердла:

$$V_i = \frac{C_v \cdot D^{qv} \cdot K_v}{T^m \cdot S^{yz}}, \text{ (м\хв).} \quad (1.12)$$

Значення коефіцієнтів і показників ступеню:

$$C_v = 7 \text{ q} = 0,4; y = 0,7; m = 0,2;$$

де K_v – загальний поправочний коефіцієнт враховуючий фактичні умови різання.

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{uv} \cdot K_{lv}; \quad (1.13)$$

де K_{mv} – коефіцієнт на оброблюваний матеріал.

$$K_{mv} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_s} \right)^{nv}, \quad (1.14)$$

$$K_r = 1,0; nv = 0,9,$$

$$K_{mv} = 1,0 \cdot \left(\frac{750}{600} \right)^{0,9} = 1,22,$$

де K_{uv} – коефіцієнт на інструментальний матеріал, $K_{uv} = 1,0$;

K_{lv} – коефіцієнт враховуючий глибину свердлування, $K_{lv} = 0,75$,

$$K_v = 1,22 \cdot 1,0 \cdot 0,75 = 0,92,$$

$$V = \frac{7 \cdot 4,8^{0,4} \cdot 0,92}{90^{0,2} \cdot 0,15^{0,7}} = 18,2 \text{ м/хв.}$$

б) Корисною потужністю силової головки:

$$V_{BPC} = \frac{\pi \cdot D \cdot N_{\delta} \cdot \eta}{M_{кр}} \cdot 0,975 [\text{м/хв}], \quad (1.15)$$

де N_{δ} – потужність силової головки, $N_{\delta} = 1,5$ кВт.

$\eta_{ст}$ – ККД силової головки, $\eta_{ст} = 0,85$,

$$M_{кр} = 10 C_m \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_y, [\text{Н} \cdot \text{м}]. \quad (1.16)$$

Коефіцієнти та показники ступені: $C_m = 0,0345$; $q = 2$; $y = 0,8$;

K_p – коефіцієнт враховуючий фактичні умови обробки, $K_p = K_{mp}$

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n, \quad (1.17)$$

$$N = 0,75,$$

$$K_{mp} = \left(\frac{600}{750} \right)^{0,75} = 0,85,$$

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 4,8^2 \cdot 0,55^{0,8} \cdot 0,85 = 1,48 [\text{Н} \cdot \text{м}],$$

$$V_{BPC} = \frac{3,14 \cdot 4,8 \cdot 1,5 \cdot 0,85}{1,48} \cdot 0,975 = 12,7 \text{ м/хв.}$$

Приймаємо з розрахованих швидкостей меншу:

$$V = 12,7 \text{ м/хв.}$$

02. а) допустиму різальними властивостями свердла:

$$V_i = \frac{C_v \cdot D^q \cdot K_v}{T^m \cdot S^y}, [\text{м/хв}].$$

Коефіцієнти та показники ступені: $C_v = 7$; $q = 0,4$; $y = 0,7$;

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{uv} \cdot K_{lv},$$

$$K_v = 1,22 \cdot 1,0 \cdot 0,75 = 0,92,$$

$$V_i = \frac{7 \cdot 5,8^{0,4} \cdot 0,92}{16^{0,2} \cdot 0,094^{0,7}} = 39,3 \text{ м/хв.}$$

б) Корисна потужність силової головки:

$$V_{BPC} = \frac{10 \cdot \pi \cdot D \cdot N_d \cdot \eta}{M_{кр}} \cdot 0,975 [M\backslash XB],$$

$$M_{кр} = 10 C_m \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, [H \cdot M].$$

Коефіцієнти та показники ступені: $C_m = 0,0345$, $q = 2$, $y = 0,8$, $K_p = 0,85$,

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 5,8^2 \cdot 0,094^{0,8} \cdot 0,85 = 1,48 [H \cdot M],$$

$$V_{BPC} = \frac{3,14 \cdot 5,8 \cdot 1,5 \cdot 0,85}{1,48} \cdot 0,975 = 15,3 \text{ м/хв.}$$

Приймаємо з розрахованих швидкостей меншу:

$$V = 15,3 \text{ м/хв.}$$

03. а) Допустиму різальними властивостями розвертки:

$$V_i = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y \cdot t^x} \cdot K_v, [M\backslash XB].$$

Коефіцієнти та показники ступеню: $C_v = 10,5$, $q = 0,3$, $y = 0,65$, $m = 0,4$,
 $x = 0,2$,

$$K_v = 1,22 \cdot 1,0 \cdot 0,75 = 0,92,$$

$$V_i = \frac{10,5 \cdot 5,8^{0,3}}{74^{0,4} \cdot 0,1^{0,2} \cdot 0,564^{0,65}} \cdot 0,92 = 7,0 \text{ м/хв.}$$

б) Корисною потужністю силової головки:

$$V_{BPC} = \frac{10 \cdot \pi \cdot D \cdot N_d \cdot \eta}{M_{кр}} \cdot 0,975 [M\backslash XB],$$

$$M_{кр} = \frac{C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot D \cdot z}{2 \cdot 100} [H \cdot M]. \quad (1.18)$$

Коефіцієнти та показники ступеню: $C_p = 200$, $z = 6$, $y = 0,75$, $x = 1,0$ тоді:

$$S_z = \frac{S}{z} = \frac{0,564}{6} = 0,094 \text{ мм/зуб,} \quad (1.19)$$

а глибина:

$$t = \frac{D - D_1}{2} = \frac{5,0 - 4,8}{2} = 0,1 \text{ мм}, \quad (1.20)$$

$$M_{кр} = \frac{200 \cdot 0,1^{1,0} \cdot 0,94^{0,75} \cdot 5,0 \cdot 6}{2 \cdot 100} = 0,51 \text{ Н·м},$$

$$V_{BPC} = \frac{13,14 \cdot 5 \cdot 1,5 \cdot 0,85}{0,51} \cdot 0,975 = 38,3 \text{ м/хв.}$$

Приймаємо з розрахованих швидкостей меншу:

$$V = 7,0 \text{ м/хв.}$$

04. а) допустиму різальними властивостями свердла:

$$V_i = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y \cdot t^x} \cdot K_v, [\text{м/хв}].$$

Коефіцієнти та показники ступені: $C_v = 7,0$; $q = 0,4$; $y = 0,7$; $m = 0,2$;

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{uv} \cdot K_{lv};$$

$$K_v = 1,22 \cdot 1,0 \cdot 0,75 = 0,92,$$

$$V_i = \frac{17 \cdot 4,95^{0,4}}{88^{0,2} \cdot 0,154^{0,7}} \cdot 0,92 = 18,5 \text{ м/хв.}$$

б) Корисною потужністю силової головки:

$$V_{BPC} = \frac{10 \cdot \pi \cdot D \cdot N_d \cdot \eta}{M_{кр}} \cdot 0,975, (\text{м/хв}),$$

$$M_{кр} = 10 C_m \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, [\text{Н·м}].$$

Коефіцієнти та показники ступені: $C_m = 0,0345$, $q = 2$; $y = 0,8$; $K_p = 0,85$ тоді:

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 4,95^2 \cdot 0,154^{0,8} \cdot 0,85 = 1,61 \text{ Н·м},$$

$$V_{BPC} = \frac{3,14 \cdot 4,95 \cdot 1,5 \cdot 0,85}{1,61} \cdot 0,975 = 12 \text{ м/хв.}$$

Приймаємо з розрахованих швидкостей меншу:

$$V = 12 \text{ м/хв.}$$

05. а) Допустимі різальними властивостями свердла:

$$V_i = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y \cdot t^x} \cdot K_v \text{ (м\хв)}.$$

Коефіцієнти та показники ступені: $C_v = 16,2$; $q = 0,4$; $y = 0,5$; $m = 0,2$; $x = 0,2$

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{uv} \cdot K_{lv};$$

$$K_v = 1,22 \cdot 1,0 \cdot 0,75 = 0,92$$

Глибина різання при розсвердлюванні:

$$t = \frac{D - D_1}{2} = \frac{11 - 4,95}{2} = 3,025 \text{ мм},$$

де $N_d = 3 \text{ кВт}$ – прийнята потужність силової головки.

$$V_i = \frac{16,2 \cdot 11^{0,4}}{64^{0,2} \cdot 3,025^{0,2} \cdot 0,258^{0,5}} \cdot 0,92 = 26,7 \text{ м / хв}$$

б) Корисною потужністю силової головки:

$$V_{BPC} = \frac{10 \cdot \pi \cdot D \cdot N_d \cdot \eta}{M_{кр}} \cdot 0,975 \text{ (м\хв)}.$$

$$M_{кр} = 10 C_m \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p \cdot t^x, [\text{Н} \cdot \text{м}]$$

Коефіцієнти та показники ступені: $C_m = 0,09$; $q = 1,0$; $y = 0,8$; $K_p = 0,85$; $x = 0,9$ тоді:

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,09 \cdot 11^1 \cdot 3,025^{0,9} \cdot 0,258^{0,8} \cdot 0,85 = 7,71 [\text{Н} \cdot \text{м}],$$

$$V_{BPC} = \frac{3,14 \cdot 11 \cdot 3,0 \cdot 0,85}{7,71} \cdot 0,975 = 11,2 \text{ м / хв}.$$

Приймаємо з розрахованих швидкостей меншу

$$V = 11,2 \text{ м/хв}.$$

06. Швидкість різання при нарізанні різьби

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot P^y} \cdot K_r \text{ (м\хв)}.$$

Коефіцієнти та показники ступені: $C_v = 64,8$; $q = 1,2$; $y = 0,5$; $m = 0,9$;

$$K_r = K_{mr} \cdot K_{ur} \cdot K_{lm};$$

$$K_r = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 0,8 = 0,64$$

де: $K_{mr} = 0,8$; $K_{ur} = 1,0$; $K_{lm} = 0,8$

$$V = \frac{64,8 \cdot 6^{1,2}}{94^{0,9} \cdot 0,498^{0,5}} \cdot 0,64 = 8,4 \text{ м/хв}$$

5. Знаходимо число обертів, яке необхідне для забезпечення прийнятих швидкостей різання.

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \text{ [об/хв]} \quad (1.21)$$

$$01. \quad n = \frac{1000 \cdot 12,7}{3,14 \cdot 4,8} = 843 \text{ об/хв}.$$

Приймаємо за технічними параметрами головки силової У1Х4035.00:
 $n = 823 \text{ об/хв.}$; привод У2Х4115.000 з $n_{\text{ел}} = 1395 \text{ об/хв.}$; $N_{\text{ел}} = 1,5 \text{ кВт}$.

$$02. \quad n = \frac{1000 \cdot 15,3}{3,14 \cdot 5,8} = 840 \text{ об/хв}.$$

Приймаємо за технічними параметрами головки силової У1Х4035.00:
 $n = 823 \text{ об/хв.}$; привод У2Х4115.000 з $n_{\text{ел}} = 1395 \text{ об/хв.}$; $N_{\text{ел}} = 1,5 \text{ кВт}$.

$$03. \quad n = \frac{1000 \cdot 7}{3,14 \cdot 5} = 446 \text{ об/хв}$$

Приймаємо за технічними параметрами головки силової У1Х4035.00:
 $n = 428 \text{ об/хв.}$; привод У1Х4625.000-0 з $n_{\text{ел}} = 925 \text{ об/хв.}$; $N_{\text{ел}} = 1,5 \text{ кВт}$.

$$04. \quad n = \frac{1000 \cdot 12}{3,14 \cdot 4,95} = 772 \text{ об/хв}$$

Приймаємо за технічними параметрами головки силової У1Х4035.00:
 $n = 763 \text{ об/хв.}$; привод У2Х4615.000-00 з $n_{\text{ел}} = 1395 \text{ об/хв.}$; $N_{\text{ел}} = 1,5 \text{ кВт}$.

$$05. \quad n = \frac{1000 \cdot 11,2}{3,14 \cdot 11} = 342 \text{ об/хв}$$

Приймаємо за технічними параметрами силової У1Х4035.000:
 $n = 346 \text{ об/хв.}$; привод У1Х46255,000-30 з $n_{\text{ел}} = 1410 \text{ об/хв}$; $N_{\text{ел}} 3,0 \text{ кВт}$.

$$06. \quad n = \frac{1000 \cdot 8,4}{3,14 \cdot 6} = 445 \text{ об/хв}$$

Приймаємо за технічними параметрами головки силової У1Х4035.000:

$n = 428 \text{ об/хв.}; \text{привод У1Х4625.000-0,9 з } n_{\text{ел}} = 925 \text{ об/хв.}; N_{\text{ел}} = 1,5 \text{ кВт.}$

6. Визначаємо дійсну швидкість різання

$$V_o = \frac{\pi \cdot D \cdot n_o}{1000} \text{ (м/хв.)}$$

01. $V_o = \frac{3,14 \cdot 4,8 \cdot 823}{1000} = 12,4 \text{ (м/хв.);}$

02. $V_o = \frac{3,14 \cdot 5,8 \cdot 823}{1000} = 14,98 \text{ (м/хв.);}$

03. $V_o = \frac{3,14 \cdot 5,0 \cdot 428}{1000} = 6,71 \text{ (м/хв.);}$

04. $V_o = \frac{3,14 \cdot 4,95 \cdot 763}{1000} = 11,9 \text{ (м/хв.);}$

05. $V_o = \frac{3,14 \cdot 11 \cdot 346}{1000} = 12,0 \text{ (м/хв.);}$

06. $V_o = \frac{3,14 \cdot 6,0 \cdot 428}{1000} = 8,1 \text{ (м/хв.).}$

7. Визначаємо потужність різання на кожній позиції

$$N = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} \text{ (кВт)} \quad (1.22)$$

01. $N = \frac{1,48 \cdot 823}{9750} = 0,1 \text{ (кВт);}$

02. $N = \frac{1,48 \cdot 823}{9750} = 0,1 \text{ (кВт);}$

03. $N = \frac{0,51 \cdot 428}{9750} = 0,02 \text{ (кВт);}$

04. $N = \frac{1,61 \cdot 763}{9750} = 0,125 \text{ (кВт);}$

05. $N = \frac{7,71 \cdot 346}{9750} = 0,273 \text{ (кВт).}$

06. Потужність двигуна при нарізанні різьби

$$N = \frac{M \cdot n}{9750} \text{ [кВт]} \quad (1.23)$$

де: $M=10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot P^y \cdot K_p$ [Н·м].

Коефіцієнти та показники ступеню: $C_m = 0,027$; $q = 1,4$; $y = 1,5$

$$K_p = K_{mp} = \left(\frac{750}{\sigma_\epsilon} \right)^{ny} \quad (1.24)$$

$$K_p = K_{mp} = \left(\frac{750}{600} \right)^{0,9} = 1,22$$

$$M = 10 \cdot 0,027 \cdot 6^{1,4} \cdot 0,5 \cdot 1,5 \cdot 1,22 = 1,43 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$N = \frac{1,43 \cdot 428}{9750} = 0,063 \text{ кВт}$$

8. Визначаємо основний технологічний час, який необхідний для виконання обробки на кожній операції.

$$t_0 = t_{0i} \max \quad (1.25)$$

де t_{0i} – основний час роботи найбільш завантаженої позиції.

$$t_0 = \frac{L_{p.X.}}{n \cdot S} \quad (1.26)$$

01. $t_0 = \frac{24}{823 \cdot 0,15} = 0,19 \text{ хв.}$

02. $t_0 = \frac{5}{823 \cdot 0,094} = 0,065 \text{ хв.}$

03. $t_0 = \frac{32}{428 \cdot 0,564} = 0,133 \text{ хв.}$

04. $t_0 = \frac{28}{763 \cdot 0,154} = 0,238 \text{ хв.}$

05. $t_0 = \frac{11}{346 \cdot 0,258} = 0,123 \text{ хв.}$

06. $t_0 = \frac{28}{428 \cdot 0,498} = 0,263 \text{ хв.}$

Отже основний час, який необхідний для обробки всіх обробних поверхонь на свердлувальному обробному центрі з ЧПК буде (085 операція):

$$t_0 = 0,263 \text{хв.}$$

Час необхідний для виконання циклу:

$$t_{\text{ц}} = t_0 + \frac{1}{3} t_0, \quad (1.27)$$

$$t_{\text{ц}} = 0,263 + \frac{1}{3} 0,263 = 0,351 \text{хв.}$$

9. Визначаємо оптимальні режими різання табличним методом.

Для цих же умов, визначаємо оптимальні режими різання.

Характеристика інструмента і стійкість призначаються також.

9.1 Обираємо подачу:

01. $S = 0,14 \div 0,18 \text{ мм/об}$

За технічними параметрами силової головки призначаємо $S = 0,15 \text{ мм/об}$

02. $S = 0,14 \div 0,18 \text{ мм/об}$

За технічними параметрами силової головки призначаємо $S = 0,094 \text{ мм/об}$

03. $S = 0,8 \text{ мм/об}$

За технічними параметрами силової головки призначаємо $S = 0,564 \text{ мм/об}$

04. $S = 0,14 \div 0,18 \text{ мм/об}$

За технічними параметрами головки призначаємо $S = 0,154 \text{ мм/об}$

05. $S = 0,2 \div 0,3 \text{ мм/об}$

За технічними параметрами головки призначаємо $S = 0,258 \text{ мм/об}$

06. $S = 0,5 \text{ мм/об}$

За технічними параметрами головки призначаємо $S = 0,498 \text{ мм/об}$

9.2 Визначаємо швидкість різання:

01. $V = 14,5 \text{ м/хв.}$

02. $V = 14,5 \text{ м/хв.}$

03. $V = 10 \text{ м/хв.}$

04. $V = 14,5 \text{ м/хв.}$

05. $V = 12,5 \text{ м/хв.}$

06. $V = 6,4 \text{ м/хв.}$

9.3 Розрахункове число обертів пінолі силової головки

$$n^p = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \quad (1.28)$$

$$n^p = \frac{1000 \cdot 14,5}{3,14 \cdot 4,8} = 962_{\text{мм/об}}$$

$$01. \quad n^p = \frac{1000 \cdot 10}{3,14 \cdot 5} = 637_{\text{мм/об}}$$

$$02. \quad n^p = \frac{1000 \cdot 14,5}{3,14 \cdot 4,95} = 932_{\text{мм/об}}$$

$$03. \quad n^p = \frac{1000 \cdot 12,5}{3,14 \cdot 11} = 362_{\text{мм/об}}$$

$$04. \quad n^p = \frac{1000 \cdot 6,4}{3,14 \cdot 6} = 340_{\text{мм/об}}$$

9.4 Визначаємо потужність різання

$$01. \quad N = 0,8 \text{ кВт};$$

$$02. \quad N = 0,8 \text{ кВт};$$

$$03. \quad N = 0,78 \text{ кВт};$$

$$04. \quad N = 0,8 \text{ кВт};$$

$$05. \quad N = 0,8 \text{ кВт};$$

$$06. \quad N = 0,1 \text{ кВт}.$$

Потужність на пінолях силових головок з останнім корегуванням по потужності силових головок на всіх позиціях приймаємо:

$$N_{\text{ел}} = 1,1 \text{ кВт},$$

$$N_n = 1,2 \cdot N_{\text{ел}} \cdot \eta \quad (1.29)$$

$$01. \quad N_n = 1,2 \cdot 1,1 \cdot 0,80 = 1,056 \text{ кВт} > 0,8 \text{ кВт};$$

$$02. \quad N_n = 1,2 \cdot 1,1 \cdot 0,80 = 1,056 \text{ кВт} > 0,8 \text{ кВт};$$

$$03. \quad N_n = 1,2 \cdot 1,1 \cdot 0,80 = 1,056 \text{ кВт} > 0,8 \text{ кВт};$$

$$04. \quad N_n = 1,2 \cdot 1,1 \cdot 0,80 = 1,056 \text{ кВт} > 0,8 \text{ кВт};$$

$$05. \quad N_n = 1,2 \cdot 1,1 \cdot 0,80 = 1,056 \text{ кВт} > 0,8 \text{ кВт};$$

$$06. \quad N_n = 1,2 \cdot 1,1 \cdot 0,80 = 1,056 \text{ кВт} > 0,8 \text{ кВт}.$$

Всі силові головки свердильного обробного центру з ЧПК задовольняють вибрані режими різання.

Аналогічно табличним методом визначаємо режими різання на всіх інших операціях та заносимо їх до таблиці 1.6.

Таблиця 1.6

Режими різання для обробки державки

Назва операції			Глибина різання, t , мм	Подача s , мм/об або s , мм/хв.	Швидкість різання V , мм/хв	Частота обертання n , об/хв	Потужні- сть $N_{\text{різ}}$, кВт	t_0 , хв
№ операції	№ переходу або позиції	№ Інструменту						
005	—	1	1,5	400*	250	400	205	$\frac{9,420}{0,196}$
010	—	1	—	ручна	24,9	1192	—	0,83
015	—	1	1,0	400*	250	400	2,1	$\frac{9,420}{0,196}$
020	—	1	—	ручна	24,9	1192	—	0,83
025	—	1	0,5	0,011	16	8	1,8	$\frac{8,31}{1,04}$
030	—	1	1,5	200*	250	400	1,1	0,725
035	—	1	2,0	200*	250	400	1,1	0,175
040	—	1	2,0	250*	250	500	1,1	0,128
045	—	1	2,0	250*	200	500	1,1	0,125
050	—	1	1,0	200*	200	400	1,1	0,216
055	—	1	0,5	160*	200	400	0,8	0,216
060		1	—	ручна	30,4	1450	—	0,83
065		1	4,0 (0,5)	200*	157	400	1,6	0,129
070	—	1	10	380*	200	2000	6,6	0,137
075		1	2	540*	200	2000	1,6	0,07
080	—	1	3	540*	200	2000	1,6	0,07
085	1	1	2,4	0,15	12,4	823	0,13	0,194
	2	2	0,5	0,044	15,0	823	0,13	0,065
	3	3	0,1	0,564	6,7	428	0,02	0,133
	4	4	2,5	0,154	11,9	763	0,13	0,238
	5	5	3,0	0,258	12,0	346	0,27	0,123
	6	6	0,5	0,498	8,1	428	0,063	0,265
090	—	1	0,9	$\frac{3}{0,06}$	24,7	3150	1,8	0,77

Таблиця 1.7

Характеристика виробничого обладнання

Найменування обладнання	Модель	Габаритні розміри: довжина×ширина, м	Потреба	Площа в плані, м ²	Коефіцієнт додаткової площі	Загальна площа з врахуванням потреби, м ²	Оптова ціна×потреба, грн.
Карусельно-фрезерний	6A23	2,97×2,10	2	6,237	2,5	31,19	35350×2
Широко-універсальний-фрезерний	6P82	2,30×1,95	3	4,485	3,0	40,37	13248×3
Вертикально-фрезерний	6P11	1,48×1,99	1	2,945	3,5	10,31	12924
Вертикально-фрезерний	6P12	2,00×2,23	2	4,46	3,0	26,76	20540×2
Вертикально-фрезерний	6P18	2,6×2,26	2	5,876	3,0	35,256	17616×2
Спеціальний-фрезерний	ДФ92	2,3×1,05	2	2,415	3,5	16,91	6124×2
Свердлувальний оброблювальний центр з ЧПК	HSTC3035	4,28×2,5	1	10,7	2,0	21,40	72383
Заточувальний верстат	ЗБ634	1,44×0,7	1	1,01	4,0	4,03	5280
Спеціальний шліфувальний	ТШ-400	0,55×0,81	1	0,45	4,0	1,78	3150
Всього			15			188,0	292741

1.9. Приклади робочих креслень

[illegible]

1.10. Контрольні питання

- 1) Яке службове призначення прохідного відігнутого токарного різця та які види обробки ним можна виконувати?
- 2) З яких основних елементів складається збірний прохідний різець із механічним кріпленням твердосплавної пластини?
- 3) Як здійснюється зміна різальної грані багатогранної твердосплавної пластини в конструкції різця, розглянутій у практичній роботі?
- 4) Які основні переваги застосування багатогранних непереточуваних твердосплавних пластин порівняно з напаяними пластинами?
- 5) Що таке технологічність конструкції деталі? Які ознаки технологічності державки різця наведені в практичній роботі?
- 6) Які матеріали використовуються для виготовлення державки, клина-прихвата, пружини та штифта збірного різця? Чому для окремих деталей застосовується термічна обробка?
- 7) Як вибір типу виробництва впливає на вибір заготовки та технологічний процес виготовлення державки різця?
- 8) Що таке технологічна база? Яке призначення чорнової технологічної бази та чим керуються при виборі баз на наступних операціях?
- 9) За якими принципами визначають послідовність технологічних операцій механічної обробки державки різця?
- 10) Які основні операції передбачені технологічним маршрутом виготовлення державки різця? Наведіть приклади фрезерних, шліфувальних та свердлильних операцій.
- 11) Яке призначення операції розгортання отвору після свердління? Поясніть, чому ці операції можуть виконуватися послідовно.
- 12) Які операції виконуються на свердлильному обробному центрі з ЧПК під час обробки державки різця?
- 13) Які основні параметри режиму різання визначаються під час технологічного розрахунку?
- 14) Який взаємозв'язок між подачею, швидкістю різання та частотою обертання?
- 15) Чому під час визначення режимів різання розрахункову швидкість різання необхідно узгоджувати з можливостями обладнання?



Мета роботи: Ознайомитися з особливостями технології виготовлення свердел, зенкерів і розверток та послідовністю їх виготовлення на прикладі зенкера.

2.1. Службове призначення та характеристика конструкції осьового інструменту

Зенкер на відміну від свердла має велику кількість ріжучих зубців та направляючих стрічок (зазвичай 3-4), володіють великою жорсткістю і не мають перемичок, що дозволяє зменшити розбивку оброблюваного отвору і кут нахилу осі. Розрізняють зенкери цільні з конічним хвостовиком, насадні цільні, насадні з вставними ножами із швидкоріжучої сталі та з напаяними пластинами з твердого сплаву.

Послідовність проектування зенкерів та свердел в цілому аналогічна. Стандартні зенкери виготовляють двох видів: 1) для проміжної обробки отворів під послідує розверстування; 2) для кінцевої обробки отворів. В обох випадках допуск на діаметр зенкера розраховують з умови обробки отвору по 11-му квалітету.

Щоб уникнути браку, необхідно виконати максимальний діаметр інструмента менше максимального діаметра отвору.

Число канавок зенкера назначають мінімальним при видаленні великих технологічних припусків та максимальним при збільшенні потреб точності обробки отвору. При виборі основних розмірів цільних зенкерів можна користуватися наступними даними: мінімальна довжина робочої частини у хвостових цільних зенкерів $\ell = \ell_3 + 3D$, де ℓ_3 – глибина зенкерування.



Рисунок 2.1 – Загальний вигляд зенкера

2.2. Аналіз технологічності конструкції інструменту

Зенкер відноситься до класу валів. В якості бази відносяться центрові отвори та торці інструмента. Прийнятий спосіб базування забезпечує високу співвісність при експлуатації інструмента.

Дана деталь не має складних поверхонь для обробки, окрім гвинтових канавок.

2.3. Вибір типу виробництва, вид заготовки

У більшості машинобудівних підприємств інструментальне забезпечення їх діяльності здійснюється шляхом оптових закупок у інструментальних підприємств та їх представників. Однак деякі потужні машинобудівні підприємства мають власні інструментальні цехи, на яких можливе виробництво зенкерів, їх виробничі потужності розраховані на забезпечення в першу чергу власних потреб. Завданням визначено, що даний зенкер буде використовуватися при обробці отворів. Тому, враховуючи значну кількість операцій по обробці даного зенкера тип виробництва наближається до середньо-серійного. Організаційну форму виконання технологічного процесу приймаємо відповідно до зазначеного типу виробництва.

Заготовка даного зенкера є суцільною деталлю, що має форму валу.

Враховуючи форму зенкера, а також випускає мого металургійною промисловістю сортаменту інструментальних сталей приймаємо пруток діаметром 9 із сталі Р6М5. Розрізати прутки на мірні заготовки будемо на горизонтально – фрезерних верстатах, що дає змогу високої точності по довжині з прийнятою шорсткістю поверхні.

2.4. Маршрутна технологія виготовлення зенкера

Для кожної поверхні зазначеної на рис. 2.1 вибираємо відповідно до точності й шорсткості даної поверхні, кінцевої методики обробки, керуючись довідниками про середню економічну точність і шорсткість, що забезпечується різними методами механічної обробки. Потім на підставі обраних методів кінцевої обробки для поверхонь, що мають високу точність для малої шорсткості, обираємо методи попередньої механічної обробки та формуємо маршрут обробки кожної поверхні, та зводимо всі дані до таблиці 1.

Таблиця 2.1

Методи кінцевої обробки поверхонь та маршрути їх обробки

Найменування та позначення поверхні, розмір	Вимоги креслення		Прийняті		Середньо-економічні показники методів	
	За точністю, квалітет і допуск в мм	За шорсткістю R_a , мкм	Метод кінцевої обробки	Маршрут обробки поверхні	Квалітет і точність, мм	Шорсткість R_a , мкм
1	2	3	4	5	6	7
Торець корпусу 1 $\varnothing 6, 75_{-0,009}$	6-й, -0,009 мм	2,5 мкм	Шліфування чистове	Фрезерування чорнове Шліфування чорнове Шліфування чистове	14-й, 1,0 мм 10-й, 0,16 мм 6-й, -0,009 мм	10 мкм 6,3 мкм 2,5 мкм

1	2	3	4	5	6	7
Зовнішня поверхня 3, 100мм	6-й, -0,009 мм	0,63 мкм	Шліфува ння чистове	Точіння чорнове Точіння чистове Шліфуван ня чистове	14-й, 0,87 мм 10-й, 0,22 мм 6-й, -0,009мм	8,0 мкм 3,2 мкм 0,63 мкм
Хвостовик, поверхня 4, 45мм	6-й, -0,009 мм	1,25 мкм	Шліфува ння чистове	Точіння чорнове Точіння чистове Шліфуван ня чистове	14-й, 0,87 мм 10-й, 0,22 мм 6-й, -0,009мм	10 мкм 3,2 мкм 1,25 мкм
Лапка 5, 4,25 _{-0,16} мм	11-й, -0,16 мм	2,5 мкм	Фрезеру вання чистове	Фрезерува ння чорнове Фрезерува ння чистове	14-й, 0,87 мм 11-й, -0,16 мм	8,0 мкм 2,5 мкм
Зубці 6, (гвинтову канавку)	6-й, мм	0,63 мкм	Шліфува ння чистове	Фрезерува ння чорнове Фрезерува ння чистове Шліфуван ня чорнове Шліфуван ня чистове	14-й, 0,6мм 10-й, 0,2 мм 8-й, 0,1мм 6-й, 0,05 мм	8,0 мкм 6,3 мкм 2,5 мкм 0,63 мкм
Гвинтова стрічка,7	6-й,	0,63 мкм	Шліфува ння чистове	Фрезерува ння чистове Шліфуван ня чистове	10-й, 0,2мм 6-й, 0,05 мм	6,3 мкм 0,63 мкм

2.5. Вибір технологічних баз

Розробивши маршрут обробки вибираємо технологічні бази для кожної технологічної операції. Вибір технологічних баз починаємо з чорнової бази – бази на першій операції технологічного процесу, призначення якої – забезпечити одержання технологічних баз для наступних операцій. При виборі чорнової технологічної бази виходимо із необхідності забезпечення більш рівномірного зняття припусків з найбільш точних і важливих для деталі поверхонь.

При виборі технологічних баз на наступних операціях керуємося ознакою єдності баз. В якості чорнової технологічної бази вибираємо зовнішній діаметр заготовки (рис. 2.2). Базування в призмі.

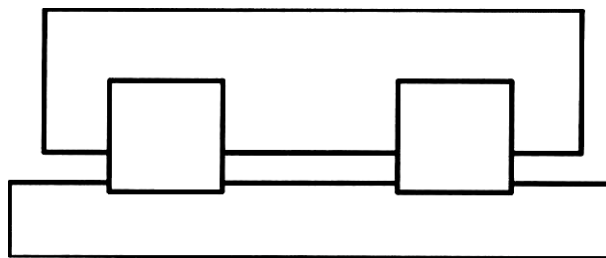


Рисунок 2.2 – Чорнова технологічна база

В якості основної технологічної бази вибираємо вісь зенкера (рис. 2.3), що технічно реалізована двома технологічними отворами: постійним із сторони хвостової частини, тимчасовим із сторони робочої частини. Для передачі обертання заготовці в процесі обробки з боку робочої частини обточується сходи́нка для кріплення хомута повідкового патрона. Перед заточуванням задньої частини на перемички дану ділянку зрізують.



Рисунок 2.3 – Чистова технологічна база

2.6. Розробка операційної технології виготовлення інструмента

Намічаємо поетапну послідовність виготовлення інструменту.

Перший етап – Заготівельний. На даному етапі слід здійснити відрізання заготовки, її кування відпал та очищення.

Другий етап – Отримання попередніх технологічних баз. На даному етапі слід здійснити підрізання торців і центрування.

Третій етап – Отримання чистових технологічних баз. На даному етапі слід здійснити чорнове та чистове точіння, фрезерування лапки, стружкових канавок, затилків, зняття задирок.

Четвертий етап – Маркування інструмента.

П'ятий етап – Термообробка інструмента. Правка та зачистка центрів.

Шостий етап – Остаточне формування зовнішнього корпусу інструмента. Виконати шліфування стружкових канавок, чорнове та чистове шліфування хвостової частини, робочої частини, зрізання тимчасового центру, заточування зенкера.

2.7. Розрахунок і вибір припусків на обробку.

Встановлення розмірів заготовки.

Визначення припусків на обробку здійснюємо статистичним методом з використанням даних наведених у технічних довідниках. Розрахунки припусків представляємо у вигляді таблиці 2.

Таблиця 2.2

Зведена таблиця вибору припусків та розрахунків між операційних розмірів на поверхні інструмента

Найменування і позначення поверхні	Технологічний маршрут обробки поверхні	Табличне значення припуску $2Z_{\min}$ ($Z_{\min}$), мм	Допуск Б, мм	Граничні розміри		Найбільший припуск $2Z_{\max}$ ($Z_{\max}$), мм
				Найбільший $D_{\max}$	Найменший $D_{\min}$	
1	2	3	4	5	6	7

1	2	3	4	5	6	7
Торець корпусу 1 145 _{-0,5}	Шліфування чистове	0,1	0,5	145	144,5	0,1
	Шліфування чорнове	0,3	0,5	145,3	144,9	0,3
	Підрізання чистове	0,5	0,7	145,8	145,4	0,5
	Підрізання Чорнове	2	0,7	147,9	147,4	2
	Відрізання	3	0,7	150,9	150,4	3
	Розрахунковий розмір Прийнятий розмір заготовки	150,9 151				
Зовнішня поверхня 2 Ø 6,75 *145	Шліфування чистове	0,1	0,009	6,75	6,741	0,1
	Шліфування чорнове	0,3		6,85	6,841	0,3
	Точіння чистове	0,5		7,15	7,141	0,5
	Точіння чорнове	1		7,65	7,641	1
	Розрахунковий розмір			8,65	8,641	
	Прийнятий розмір заготовки			9	9	
Лапка 3 4,25 _{-0,16}	Фрезерування	2,5	0,16	4,25	4,09	2,5
Стружкова канавка 4, Ø 3, фасонна поверхня.	Шліфування однократне	0,5	0,2	3,2	3	0,5
	Фрезерування чистове,	1,5		3,7	3,5	1,5
	Фрезерування чорнове	2,5		4,61	3,65	2,5
	Розрахунковий розмір			7,65	7,15	
Стрічка	Шліфування чистове	0,1	0,09	6,45	6,441	0,1
	Шліфування чорнове	0,2		6,65	6,641	0,2
Фаска 6 1*30°	Шліфування	1	0,1			1

2.8. Розробка технологічного маршруту виготовлення інструменту

На підставі розробленого поетапного плану виготовлення інструмента та використовуючи типові технологічні процеси отримання деталей відповідного технологічного класу, визначаємо структуру та зміст кожної операції виконуємо у формі маршрутного описування, тобто без зазначення технологічних і допоміжних переходів.

Технологічний процес виготовлення інструмента подаємо у вигляді таблиці 3. Операційні ескізи вносимо до графічної частини проекту.

Таблиця 2.3

Технологічний маршрут виготовлення інструменту

№ операції	Найменування операції та її зміст	Найменування та модель верстата
1	2	3
005	Заготовча. Відрізати заготовку довжиною 151	Горизонтально-фрезерний 6М82
010	Галтовочна. Очистити від окалин в галтовочному барабані.	
015	Фрезерно-центрувальна. Фрезерувати торці і центрувати.	Фрезерно-центрувальний верстат мод. МР-78
020	Токарна. Точити зовнішні поверхні 3, 4.	Токарний 16К20
025	Фрезерна. Фрезерувати лапку 5.	Горизонтально-фрезерний, мод. 6Р80Г
030	Фрезерна. Фрезерувати зубці по циліндру.	Горизонтально-фрезерний, мод. 6Р80Г
035	Фрезерна. Фрезерувати затильну поверхню, залишаючи стрічку.	Горизонтально-фрезерний, мод. 6М82
040	Слюсарна. Зняти заусенці після фрезерування.	

1	2	3
045	Маркувальна. Маркувати інструмент згідно технічних вимог.	
050	Термічна. Калити.	
055	Дробоструйна. Очистити деталь.	
060	Шліфувальна. Шліфувати поверхню 4.	Круглошліфувальний мод. 3М150
065	Шліфувальна. Шліфувати стружкову канавку.	Круглошліфувальний мод. 3М150
067	Токарна Відрізати заготовку	Токарно-гвинторізний мод. 16К20
070	Шліфувальна. Шліфувати стрічку.	Круглошліфувальний мод. 3М150
075	Шліфувальна. Шліфувати заборний конус.	Круглошліфувальний мод. 3М150
080	Шліфувальна. Шліфувати торець.	Круглошліфувальний мод. 3М150
085	Заточна. Заточити задню поверхню.	Заточний мод. 3Б630

2.9. Вибір технологічного оснащення для операцій механічної обробки

Прийняті рішення відносно вибору верстатного устаткування, різального і допоміжного інструмента та засобів технічного контролю для виконання кожної операції механічної обробки зводимо до таблиці 2.4.

Технологічне оснащення виготовлення інструмента

Верстатне устаткування (назва,рід приводу)	Різальний інструмент(назва стандарт, матеріал різальної частини)	Допоміжний інструмент(назва стандарт)	Назва засобу технічного контролю,стандарт
1	2	3	4
005 Заготовча			
Патрон трьохкулачковий	Фреза дискова P6M5		Штангенциркуль ШЦ-1
015 Фрезерно-центрувальна			
Призма	Фреза торцюва T15K6,Свердло спіральне P6M5		Штангенциркуль ШЦ-1
020 Токарна			
Патрон поводковий,центра	Різець прохідний T15K6		Штангенциркуль ШЦ-1
025 Фрезерна			
Лещата машинні	Набір дискових фрез T15K6		Штангенциркуль ШЦ-1
030 Фрезерна			
Патрон поводковий,центра	Фреза фасонна дискова T15K6		Штангенциркуль ШЦ-1
035 Фрезерна			
Патрон поводковий,центра	Фреза фасонна дискова T15K6		Штангенциркуль ШЦ-1
60 Шліфувальна			
Патрон поводковий,центра	Круг шліфувальний ІІІ		Мікрометр 50-75

1	2	3	4
062 Шліфувальна			
Центра	Круг шліфувальний ПП		Мікрометр 50-75
065			
Центра	Круг шліфувальний ПП		Мікрометр 50-75
067 Токарна			
Центра, патрон поводковий	Різець прохідний T15K6		Штангенциркуль ШЦ-1
070			
Центра	Круг шліфувальний ПП		Мікрометр 50-75
075			
Центра	Круг шліфувальний ПП		Мікрометр 50-75
080 Шліфувальна			
Центра	Круг шліфувальний ПП		Мікрометр 50-75
085 Заточна			
Центра	Круг шліфувальний ЧК		Кутомір, штангенциркуль ШЦ-1

2.10. Розрахунок режимів різання на механічну обробку

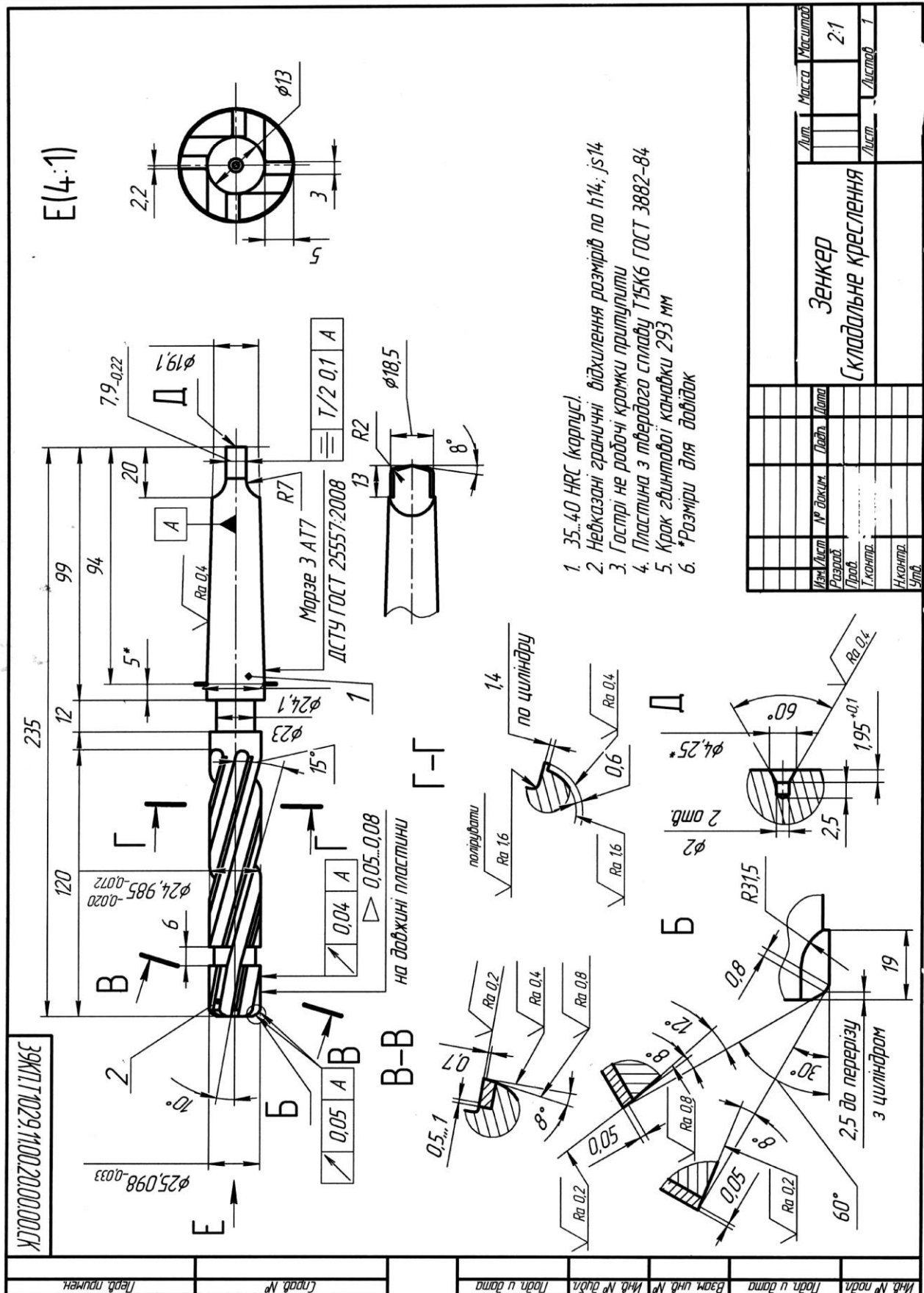
Згідно нормативів довідникових даних на кожен з переходів операцій механічної обробки призначаємо наступні режими різання (табл. 2.5).

Режими різання на механічну обробку інструмента

Зміст технологічного переходу	Глибина різання t,мм	Режими різання				Частота обертання шпинделя n,об/хв	Основний технологічний час T _о хв
		Подача		Швидкість			
		На оберт S _о мм/об	На хвилину S _{хв} мм/хв	Головного руху V, м/хв	Допоміжн ого руху V _{м/хв}		
1	2	3	4	5	6	7	8
005 Заготовча							
Відрізати заготовку від прутка	2		50	15		110 Дв.х/хв	3
025 Токарна							
Підрізати торець	2,5	0,25		100		250	1,2
Обточити зовнішню поверхню	2	0,4		100		250	0,5
030 Токарна							
Підрізати торець	2,5	0,25		100		250	1,2
Свердли тв	24	0,1		25		250	3,3
Розточити отвір	1,2	0,25		80		400	0,6
Розвернути отвір	2	0,25		80		200	0,8
Підрізати буртик	0,5	0,25		100		200	0,1
Зняти фаску	2	0,25		80		200	0,8
Точити виточку	0,5	0,25		100		200	0,1

1	2	3	4	5	6	7	8
035 Шліфувальна							
Шліфувати торець	0,4	2 мм/хв		35 м/сек	8	125 дв/хд	0,35
040 Токарна							
Обточити по діаметру	0,5	0,25		100		250	1,8
Точки виточку	0,5	0,25		100		200	0,1
045 Протяжна							
Протягнути шпонковий паз	3,8			7			0,2
055 Фрезерна							
Фрезерувати 8 пазів	35		50	25		125	8,2
060 Фрезерна							
Фрезерувати 8 пазів	35		50	25		125	8,2
080 Шліфувальна							
Шліфувати отвір	0,15	6		35 м/сек	40	800	0,5
085 Шліфувальна							
Шліфувати торець	0,4	2 мм/хв		35 м/сек	8	125 дв/хд	0,35
095 Заточна							
Заточити передню поверхню	0,1	0,04 мм/дв.х		18 м/сек	3	12 дв/хд	0,8
100 Шліфувальна							
Шліфувати зовнішню поверхню	0,1	3		35 м/сек		1200	1
105 Заточна							
Заточити передню поверхню зубців на торці	0,1	0,04 мм/дв.х		18 м/сек	3	12 дв/хд	0,8
110 Заточна							
Заточити передню пов. зубців на торці з іншої сторон	0,1	0,04 мм/дв.х		18 м/сек	3	12 дв/хд	0,8

2.11. Приклади робочих креслень



2.12. Контрольні питання

- 1) Яке службове призначення зенкера та чим він відрізняється від свердла за конструкцією і характером роботи?
- 2) Які конструктивні особливості зенкера забезпечують більшу жорсткість і зменшення розбивки оброблюваного отвору?
- 3) Які основні види зенкерів розрізняють залежно від конструкції та способу виготовлення різальної частини?
- 4) Для яких цілей застосовують стандартні зенкери двох основних видів? Чим відрізняється зенкер для проміжної обробки отвору від зенкера для кінцевої обробки?
- 5) Як вибір кількості канавок зенкера залежить від величини технологічного припуску та вимог до точності обробки отвору?
- 6) Які вимоги необхідно враховувати при визначенні допустимого діаметра зенкера, щоб уникнути браку під час обробки отвору?
- 7) Чому зенкер відносять до деталей класу валів і які поверхні використовують як технологічні бази при його виготовленні?
- 8) Який тип виробництва прийнято для виготовлення зенкера у практичній роботі та чим обґрунтований його вибір?
- 9) Яку заготовку та матеріал прийнято для виготовлення зенкера? Чому для цього використовується пруток інструментальної сталі?
- 10) Яке призначення чорнової технологічної бази? Чому як чорнову базу для виготовлення зенкера обрано зовнішній діаметр заготовки?
- 11) Що є основною чистовою технологічною базою зенкера та як вона технічно реалізується під час механічної обробки?
- 12) Назвіть основні етапи технологічного процесу виготовлення зенкера та поясніть призначення кожного з них.
- 13) Які операції виконують для отримання чистових технологічних баз зенкера? Яке значення вони мають для подальшої обробки?
- 14) Які операції виконують після термообробки зенкера для остаточного формування його робочої та хвостової частин?
- 15) Для чого визначають припуски на механічну обробку та режими різання під час розроблення технологічного процесу виготовлення зенкера?



Мета роботи: Ознайомитися з особливостями технології виготовлення фрез та послідовністю виготовлення їх основних видів на прикладі дискової трьохсторонньої фрези із твердосплавними робочими елементами.

3.1. Опис, призначення ріжучого інструменту

Фреза дискова трьохстороння призначена для фрезування паза в обоймі НШ100А-3-06 на вертикально-фрезерному верстаті ГФ1489Н1. Особливістю даного різального інструменту є змінно направлені зуби розташовані під кутом від 8° ... 15° . Завдяки цьому осеві сили взаємно компенсуються і фреза працює спокійно без вібрацій. Кожен зуб працює тільки одним боком, тому інша, яка не ріжуча, зрізана паралельно торцю. Фреза має 10 зубів (виготовлених з твердого сплаву ВК6), при зовнішньому діаметрі 178 мм, це дозволяє на ряду з міцним зубом мати і досить велику западину для розміщення стружки. Це також дозволяє застосовувати збільшені режими подачі на один зуб і знімати більший припуск, що підвищує продуктивність не дивлячись на те, що кожен зуб працює лише одним боком.

Фреза, яка розглядається в даній практичній роботі, має наступні технологічні показники:

1. Матеріал інструмента:

матеріал корпусу фрези: Сталь 45

матеріал ріжучих пластин: ВК6

2. Твердість корпусу. 25...32 HRC

3. Невказані граничні відхилення розмірів: Отворів по А7, валів по В7, інших по СМ7

4. Паяти припоєм ПР МНМЦ 08-42

5. Маркувати: 2241-4001 ВК6.

Таблиця 3.1.

Хімічний склад матеріалу Сталь 45

Марка матеріалу	Вміст елементів, %						
	C	Mn	Si	S	P	Cu	Cr
Сталь 45	0,42-0,50	0,5-0,8	0,17-0,37	0,04	0,035	0,25	0,25

Таблиця 3.2.

Механічні властивості матеріалу Сталь 45

Марка матеріалу	σ_B	σ_T	δ	ψ	HB
	МПа		%		
Сталь 45	640	—	6	30	250

Таблиця 3.3.

Хімічний склад твердого сплаву BK6

Марка сплаву	Вміст елементів, %	
	WC	Co
BK6	94	6

Теплостійкість (червоністькість) 700°–1000°С.

В даній роботі ми розглядаємо дискову фрезу (рис. 3.1) базою для якої виступає отвір та зовнішній базовий торець. Фреза кріпиться на оправці фрезерного верстата.

Поверхні дискової фрези:

1;7. Торець. Вільна поверхня. Поверхня, яка не контактує з поверхнями інших деталей.

2;6.Буртик. Вільна поверхня. Поверхня, яка не контактує з поверхнями інших деталей.

3;5.Допоміжні бази (поверхні). Опорна поверхня, визначає положення деталей, що приєднуються.

4. Основна база (поверхня). Вона визначає положення фрези у верстаті

8; 9; 10 Виконавчі поверхні. За допомогою цих поверхонь фреза виконує своє службове призначення.

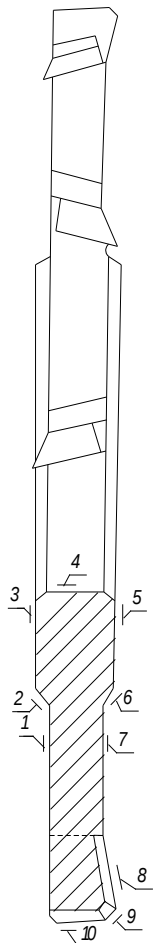


Рисунок 3.1 – Трестороння дискова фреза

3.2. Аналіз технологічності конструкції інструменту

Фреза відноситься до дискових тіл. Не дивлячись на не складний зовнішній вигляд та конструкцію фрези, необхідно приділити особливу увагу на його виготовлення, враховуючи як точність обробки окремих частин виробу, так і економічність даного процесу. Зважаючи на тип підприємства, на якому виготовляється даний інструмент, а також доцільність його виготовлення взагалі.

При виготовленні інструменту використовується якісна сталь 45 та напаяні пластини з твердого сплаву ВК6, що означає, поверхня цієї деталі повинна відповідати високим вимогам. За для більшої економії для виготовлення даної фрези, у якості заготовки використовують болванки для штамповки, що дозволяє зменшити час виготовлення заготовки, зменшити кількість матеріалу, що відходить у стружку та інше.

Конструкція фрези передбачає оброблення більшості поверхонь напрохід ріжучими інструментами. Розмір отвору під оправку дозволяє його отримати спочатку свердлінням, а потім розточуванням його напрохід. До оброблюваних поверхонь забезпечується вільний доступ ріжучого та вимірювального інструменту. Проставлені розміри і вимоги точності до поверхонь на кресленні фрези відповідають діючим стандартам.

Точність та якість виготовлення фрез, повинна відповідати усім вимогам виробництва. А саме тому при розробці цього питання, слід мати на увазі, що принцип технологічності деталі (машини) – це принцип задоволення його не тільки службових функцій, але й відповідно при цьому мінімуму працездатності і собівартості при виготовленні.

3.3. Вибір типу виробництва, вид заготовки

Заготовки у виді поковок характеризуються невеликими відхиленнями від номінальних розмірів і відповідно допусками на виготовлення і припуски на послідовну обробку. Поковки доцільно використовувати для виготовлення великогабаритних ріжучих інструментів, таких як дискові фрези.

Виготовлення заготовок способами кування-штампування переслідує ціль не тільки отримання їх форм і розмірів наближених до готового виробу, а й покращення структури металу, забезпечуючи велику стійкість ріжучого інструменту.

В умовах дрібносерійного виробництва поковки виготовляють в підкладних штампах простих по конструкції і дешевих у виготовленні.

Отже, приймаємо метод отримання заготовки – поковка з якісної сталі 45.

Тип виробництва приймаємо середньосерійний

3.4. Маршрутна технологія виготовлення фрези

005 Заготівельна.

010 Кувальна.

Прес.

Штампувати заготовку.

015 Термічна.

Відпал заготовки.

020 Галтовочна (очистити задирки).

025 Токарно- гвинторізна.

Токарно-гвинторізний верстат моделі 16K20.

Підрізати торець, свердлити отвір, обточити зовнішню поверхню попередньо.

030 Токарно- гвинторізна.

Токарно-гвинторізний верстат моделі 16K20.

Підрізати другий торець, розточити отвір під розгортання, виточку, обточити частину зовнішньої поверхні що залишилася, розвернути отвір, обточити буртик, зняти фаску.

035 Токарно- гвинторізна.

Токарно-гвинторізний верстат моделі 16K20.

Підрізати торець, обточити буртик, зняти фаску.

040 Токарно-гвинторізна.

Токарно-гвинторізний верстат моделі 16K20.

Підрізати торець , обточити буртик, зняти фаску.

045 Плоскошліфувальна.

Плоскошліфувальний верстат моделі 3E710A.

Шліфувати другий торець.

050 Токарно-гвинторізна.

Токарно-гвинторізний верстат моделі 16K20.

Обточити зовнішню поверхню остаточно на оправці (по 2-3 шт.), зняти фаски.

055 Довбальна.

Довбальний верстат моделі 743.

Довбати шпонковий паз.

060 Фрезерна.

Фрезерний верстат моделі 6P83.

Фрезерувати пази під ножі.

065 Фрезерна.

Фрезерний верстат моделі 6P83.

Фрезерувати пази під ножі під кутом 5°.

070 Фрезерна.

Фрезерний верстат моделі 6P83.

Фрезерувати затилки зубів з одної сторони.

075 Слюсарна.

Зняти задирки та фаски на торці шпонкового пазу.

080 Маркувальна.

Клеймити.

085 Термічна.

Калити.

090 Дробоструменева.

Очистити.

095 Шліфувальна.

Круглошліфувальний верстат моделі 3У110В

Шліфувати отвір та торець буртика.

100 Шліфувальна.

Круглошліфувальний верстат моделі 3У110В

Шліфувати отвір та торець буртика.

105 Розмагнітити.

110 Термічна.

Припаяти пластини.

115 Заточувальна.

Універсально-заточувальний верстат моделі 3М642.

Зняти надлишок припою.

120 Шліфувальна.

Круглошліфувальний верстат моделі 3У110В.

Шліфувати ножі по торцю.

125 Шліфувальна.

Круглошліфувальний верстат моделі 3У110В.

Шліфувати ножі по другому торцю.

130 Заточувальна.

Універсально-заточувальний верстат моделі 3М642.

Заточити передню поверхню ножів через ніж з однієї сторони.

135 Заточувальна.

Універсально-заточувальний верстат моделі 3М642.

Заточити передню поверхню ножів через ніж з другої сторони.

140 Шліфувальна.

Круглошліфувальний верстат моделі 3У110В

Шліфувати ножи по зовнішній поверхні

145 Заточувальна.

Універсально-заточувальний верстат моделі 3М642.

Заточити фаску на ножах з однієї сторони.

150 Заточувальна.

Універсально-заточувальний верстат моделі 3М642.

Заточити фаску на ножах з другої сторони.

155 Заточувальна.

Універсально-заточувальний верстат моделі 3М642.

Заточити піднутрення по торцю з одної сторони.

160 Заточувальна.

Універсально-заточувальний верстат моделі 3М642

Заточити піднутрення по торцю з другої сторони

165 Заточувальна.

Універсально-заточувальний верстат моделі 3М642

Заточити задню поверхню пластини по діаметру через ніж з однієї сторони

170 Заточувальна.

Універсально-заточувальний верстат моделі 3М642

Заточити задню поверхню пластини по діаметру через ніж з іншої сторони.

175 Заточувальна.

Універсально-заточувальний верстат моделі 3М642.

Заточити задню поверхню пластини по торцю з однієї сторони.

180 Заточувальна.

Універсально-заточувальний верстат моделі 3М642.

Заточити задню поверхню пластини по торцю з другої сторони.

3.5. Вибір технологічних баз

Точність розмірів і взаємне положення оброблюваних поверхонь заготовки залежить від похибки їх встановлення на верстаті.

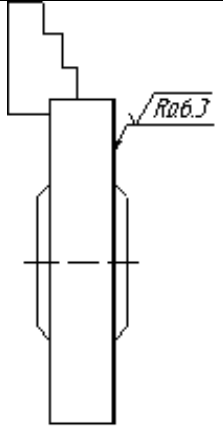
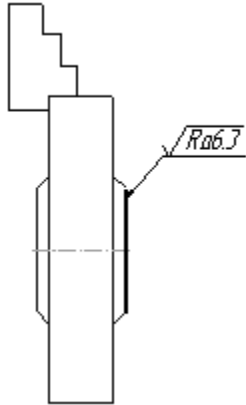
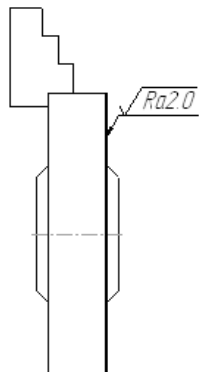
В процесі обробки заготовку затискають в пристосуваннях. Поверхні заготовки, за які її затискують, називають базуючими, або просто базами. Вірізняють чистові та чорнові бази, при чому чорнову базу можна

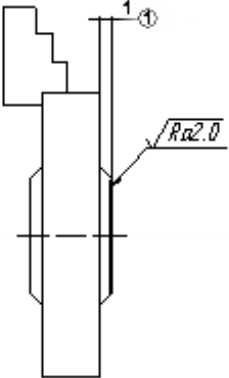
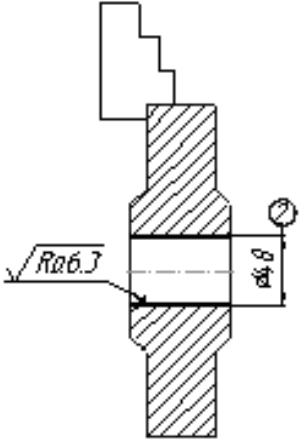
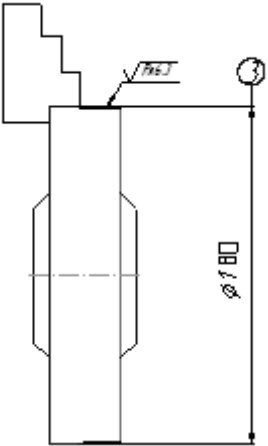
використовувати лише один раз. Якщо розглядати дискову фрезу даної курсової роботи, то чорною базою буде виступати затиск заготовки в трикулачковому патроні (тобто зовнішня циліндрична поверхня і торець заготовки), а чистою просвердлений отвір. При можливості слід врахувати суміщення технологічної, вимірювальної та конструкторської баз.

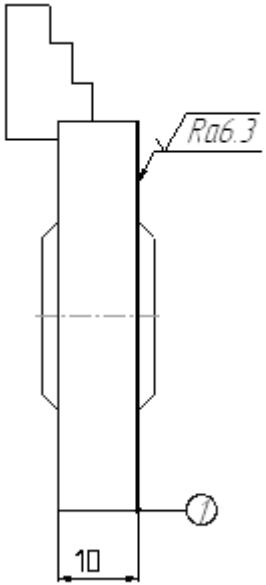
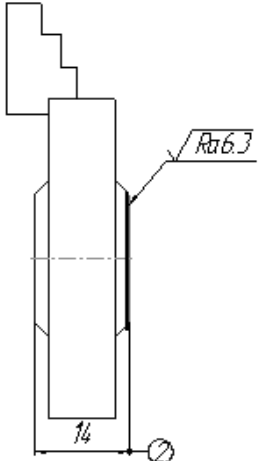
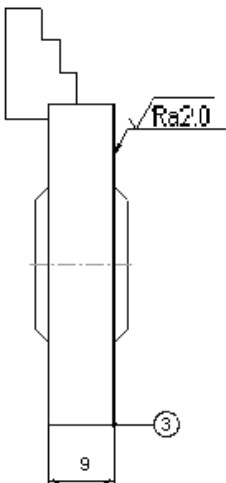
3.6. Розробка операційної технології виготовлення інструмента

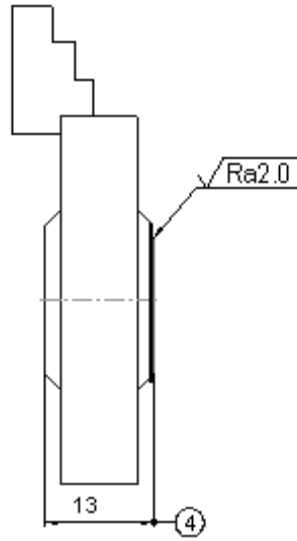
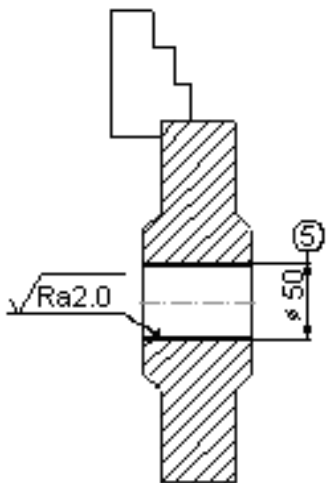
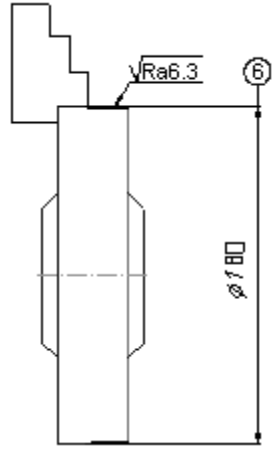
Таблиця 3.4.

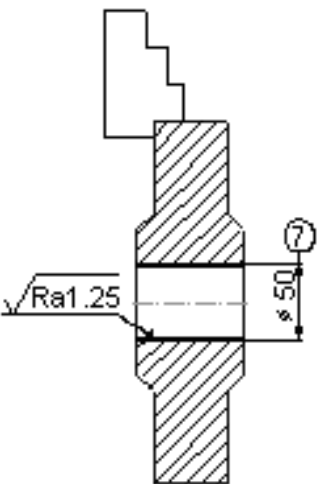
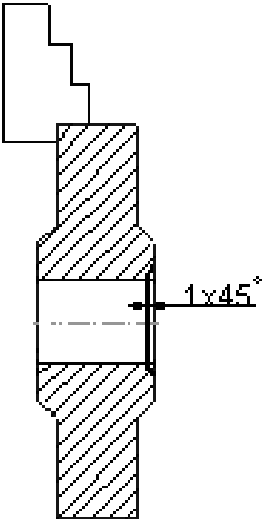
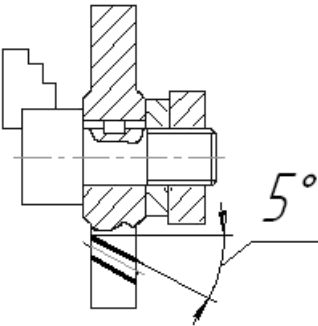
Операції механічної обробки

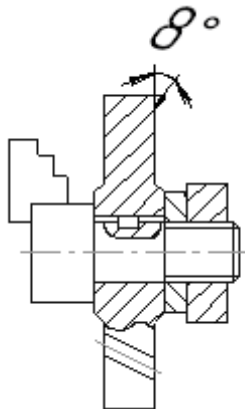
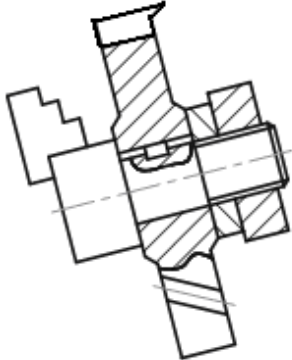
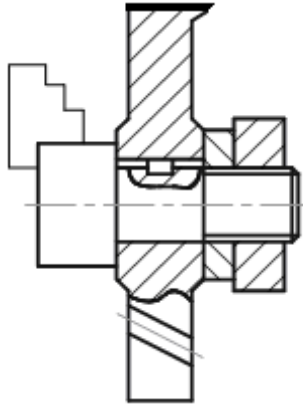
№ операції	Найменування операції	Модель верстата	Ескіз операції
1	2	3	4
025	Токарно-гвинторізна, підрізати торець.	Токарно-гвинторізний верстат моделі 16K20	
025	Токарно-гвинторізна, підрізати торець	Токарно-гвинторізний верстат моделі 16K20	
025	Токарно-гвинторізна, підрізати торець	Токарно-гвинторізний верстат моделі 16K20	

1	2	3	4
025	Токарно-гвинторізна, підрізати торець на розмір 1	Токарно-гвинторізний верстат моделі 16K20	
025	Токарно-гвинторізна, свердлити отвір, витримати розмір 2	Токарно-гвинторізний верстат моделі 16K20	
025	Токарно-гвинторізна, точити зовнішню поверхню попередньо на розмір 3	Токарно-гвинторізний верстат моделі 16K20	

1	2	3	4
030	Токарно-гвинторізна, підрізати торець на розмір 1	Токарно-гвинторізний верстат моделі 16K20	 Technical drawing of a part with a width of 10 and surface roughness Ra 6.3. The drawing shows a cross-section of a cylindrical part with a central hole. The top surface is labeled with Ra 6.3. A dimension line at the bottom indicates a width of 10. A circled number 1 is shown next to the part.
030	Токарно-гвинторізна, підрізати торець на розмір 2	Токарно-гвинторізний верстат моделі 16K20	 Technical drawing of a part with a width of 14 and surface roughness Ra 6.3. The drawing shows a cross-section of a cylindrical part with a central hole. The top surface is labeled with Ra 6.3. A dimension line at the bottom indicates a width of 14. A circled number 2 is shown next to the part.
030	Токарно-гвинторізна, підрізати торець на розмір 3	Токарно-гвинторізний верстат моделі 16K20	 Technical drawing of a part with a width of 9 and surface roughness Ra 2.0. The drawing shows a cross-section of a cylindrical part with a central hole. The top surface is labeled with Ra 2.0. A dimension line at the bottom indicates a width of 9. A circled number 3 is shown next to the part.

1	2	3	4
030	Токарно-гвинторізна, підрізати торець на розмір 4	Токарно-гвинторізний верстат моделі 16K20	
030	Токарно-гвинторізна, розточити отвір під розгортання на розмір 5	Токарно-гвинторізний верстат моделі 16K20	
030	Токарно-гвинторізна, обточити зовнішню поверхню, частину що залишилася на розмір 6	Токарно-гвинторізний верстат моделі 16K20	

1	2	3	4
030	Токарно-гвинторізна, розвернути отвір	Токарно-гвинторізний верстат моделі 16K20	
030	Токарно-гвинторізна, зняти фаску	Токарно-гвинторізний верстат моделі 16K20	
065	Фрезерна, Фрезерувати пази під кутом 5°	Фрезерний верстат моделі 6P83	

1	2	3	4
120	Шліфувальна Шліфувати ножі по торцю	Кругло- шліфувальний верстат моделі 3У110В	
130	Заточувальна Заточити передню поверхню через ніж з однієї сторони	Універсально- заточувальний верстат моделі 3М642	
140	Шліфувальна Шліфувати ножі по зовнішній поверхні	Кругло- шліфувальний верстат моделі 3У110В	

3.7. Схеми базування

1. В трикулачковому патроні (рис. 3.2).

База: торець і зовнішня циліндрична поверхня.

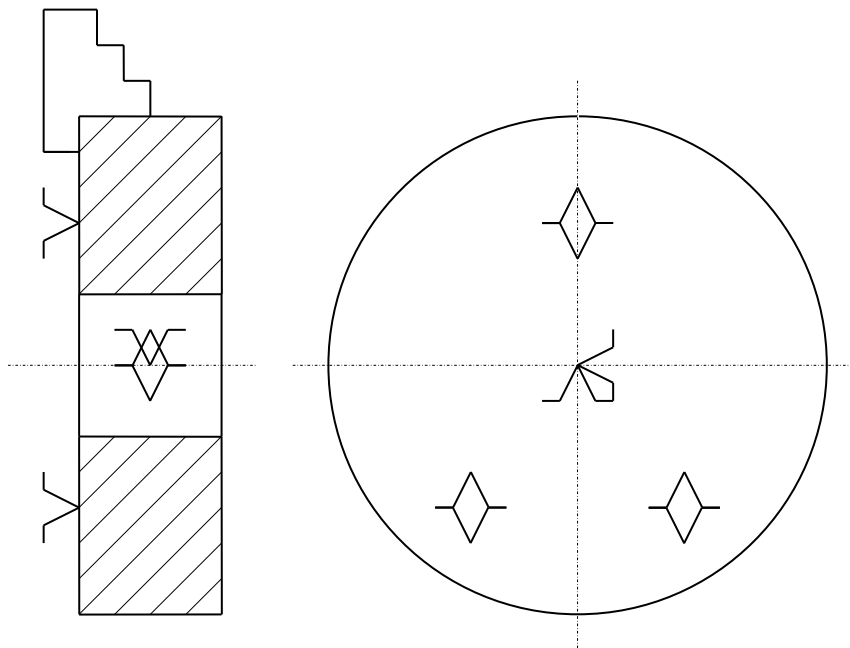


Рисунок 3.2 – Схема базування заготовки в трикулачковому патроні

2. На оправці.

База: торці і отвір.

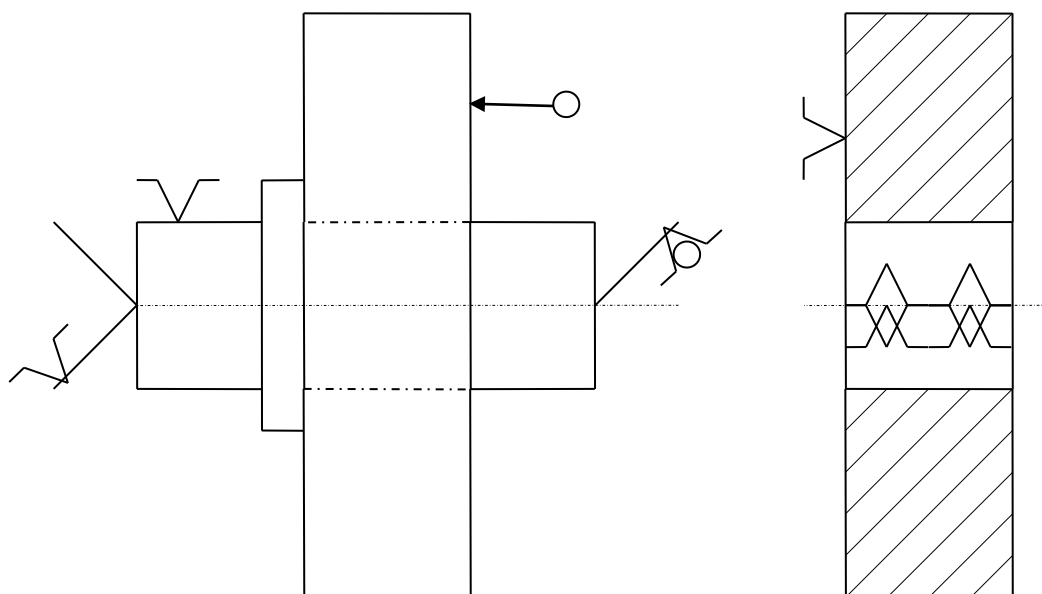


Рисунок 3.3 – Схема базування заготовки на оправці

3.8. Призначення режимів різання

Призначення режимів різання виконуємо згідно довідкових джерел.

Таблиця 3.5

Режими різання

№ операції	№ переходу	Зміст переходу	Ріжучий інструмент	Режими різання							
				S, мм/об	V, м/хв	n, хв ⁻¹	t, мм	S _z	V _k , м/с	V ₃ , м/хв	t _o
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
025	2	Підрізати торець начорно	Різець прохідний, відігнутий. Пластика твердого сплаву T15K6	0,97	69,6	124	3	-	-	-	0,5
025	5	Підрізати торець начисто	Різець прохідний, відігнутий. Пластика твердого сплаву T15K6	0,54	93,6	451	1	-	-	-	0,28
025	6	Свердли отвір	Свердло спіральне матеріал P6M5	0,20	19,2	611	5	-	-	-	0,05
030	6	Розточити отвір	Різець розточувальний Твердий сплав T15K6	0,14	118,4	785	1	-	-	-	0,14
065	2	Фрезерувати пази під кутом 5°	Фреза тристороння Твердий сплав T15K6	0,95	56,5	200	19	0,05	-	-	0,34
120	2	Шліфувати ножі по торцю	Круг шліфувальний ЧК 125x45x32 52С 45-П С2 5 К3 25 м/с А1	0,5	-	64	0,01	-	25	15	0,31

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
130	2	Заточити передню поверхню через ніж з однієї сторони	Круг шліфувальний ЧК 125х45х32 52С 45-П С2 5 К3 20 м/с А1	0,37	-	50	0,03	-	20	1,5	0,81
140	2	Шліфувати ножі по зовнішній поверхні	Круг шліфувальний ПП 125х15х32 52С 45-П С2 5 К3 25 м/с А1	0,5	-	64	0,01	-	25	15	0,31

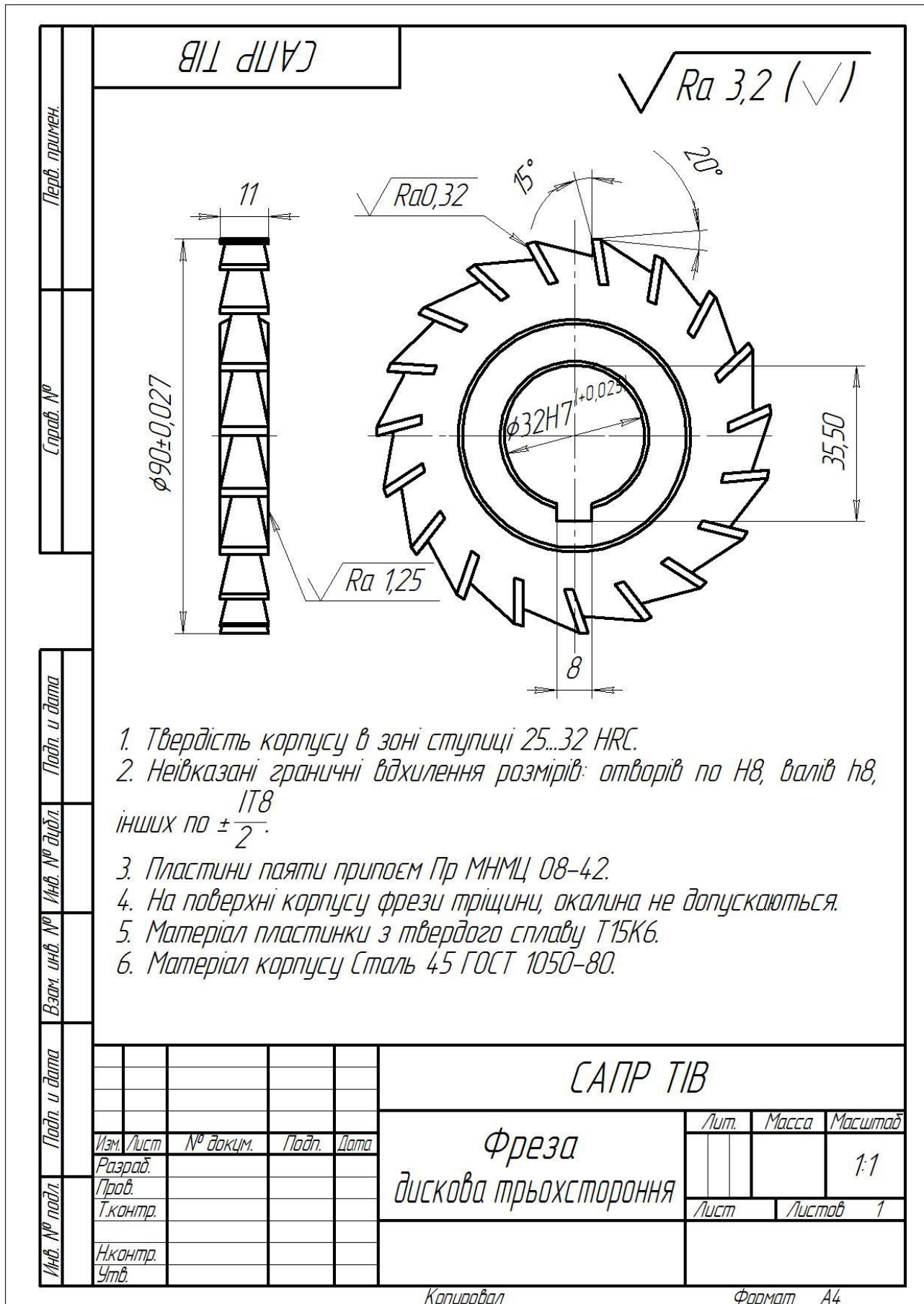
3.9. Проектування інструмента другого порядку

Фрези – найбільш поширений вид різального інструмента. За призначенням фрези розділяються на фрези для обробки площини, уступів, фасонних поверхонь, пазів, прорізання, відрізки, нарізання різі та зубів.

По способу кріплення у кожній групі виділяють фрези кінцеві, які закріплюють за допомогою хвостовиків та фрези насадні, закріплювані на оправках або посадочних кінцях шпинделів верстатів.

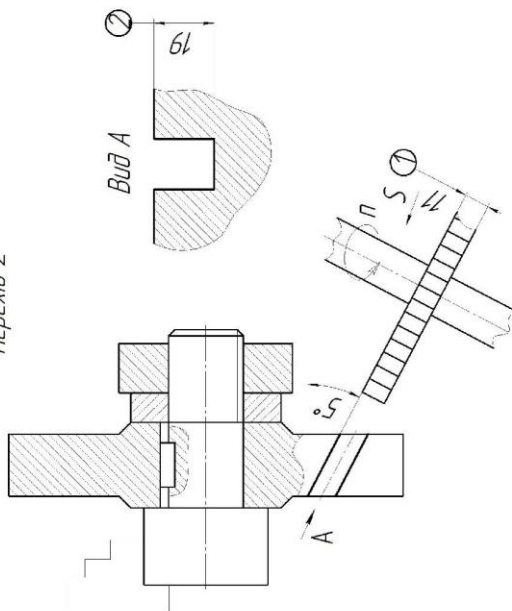
Проектувальний інструмент другого порядку який використовується для виготовлення фрези: Фреза дискова трьохстороння з перехідними ріжучими кромками виконуються у вигляді фасок з кутом $\varphi = 45^\circ$, головний задній кут $\alpha = 20^\circ$, передній кут 15° . Фреза має 19 зубів. Цей інструмент використовується для прорізання пазів під твердосплавні пластини.

3.10. Приклади робочих креслень

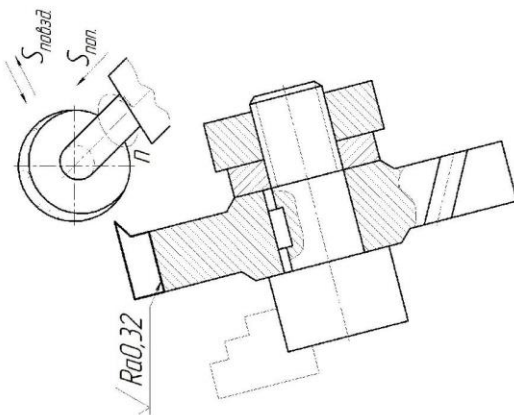


ТІВ

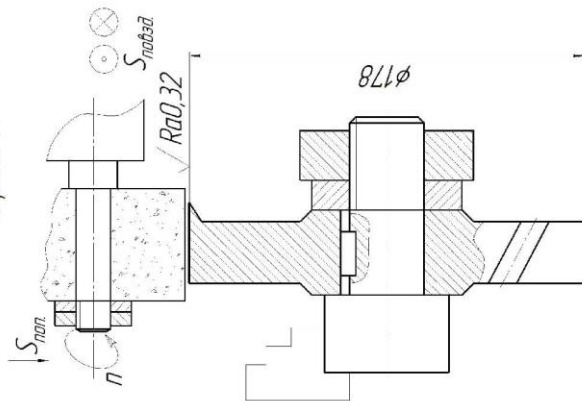
Операція 065 Фрезерна
Перехід 2



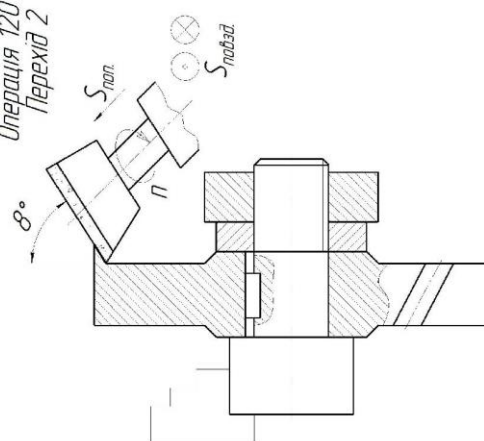
Операція 130 Заточная
Перехід 2



Операція 140 Шліфувальна
Перехід 2



Операція 120 Шліфувальна
Перехід 2



Режими різання

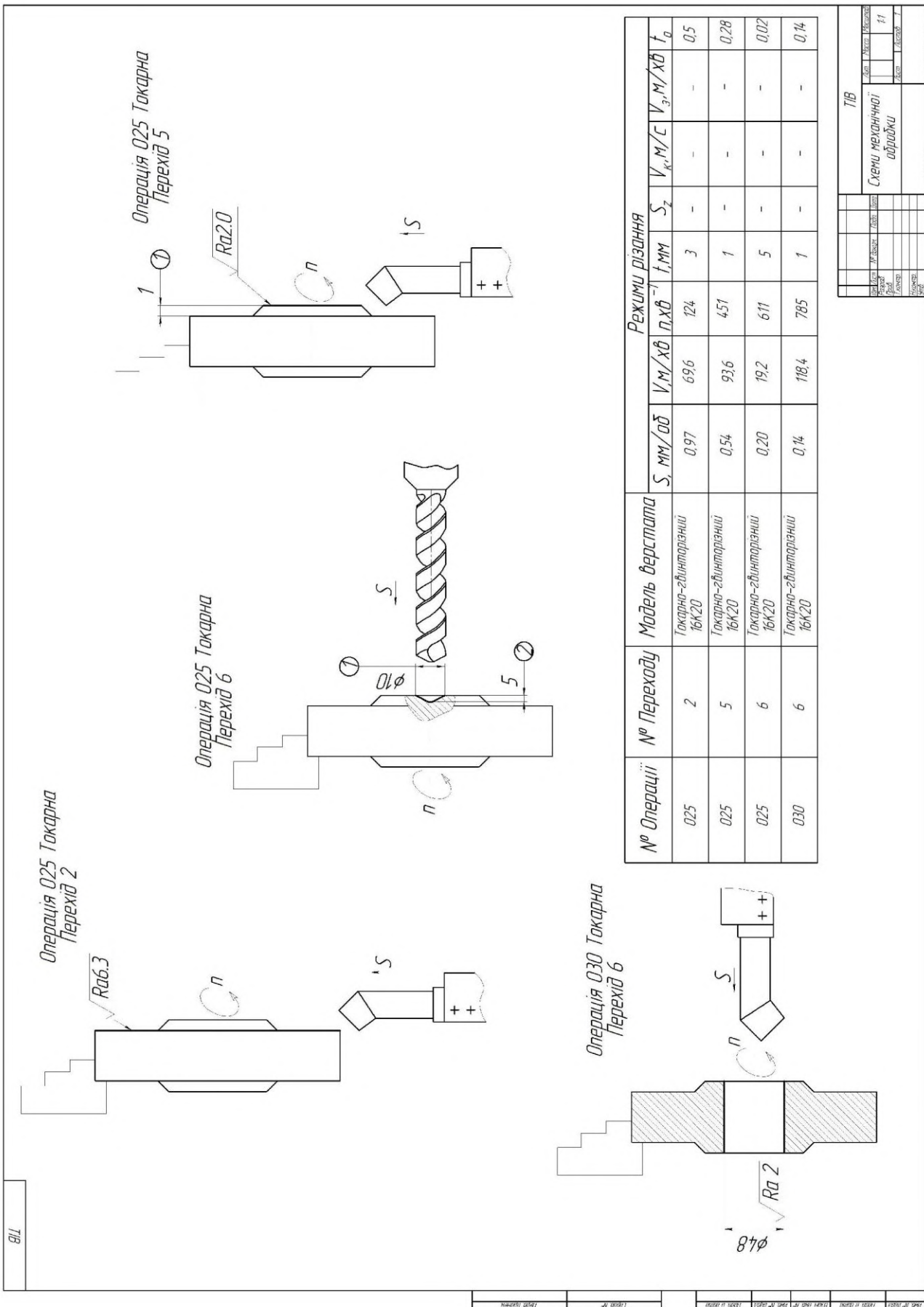
№ Операції	№ Переходу	Модель верстата	S, мм/од	V, м/хв	n, хв ⁻¹	f, мм	S ₂	V _к , м/с	V ₃ , м/хв	t _о
065	2	Фрезерний БР83	0,95	56,5	200	19	0,05	-	-	0,34
120	2	Круглошліфувальний 35110В	0,50	-	64	0,01	-	25	15	0,31
130	2	Універсально-заточний ЗМ64,2	0,37	-	50	0,03	-	20	15	0,81
140	2	Круглошліфувальний 35110В	0,5	-	64	0,01	-	25	15	0,31

ТІВ

Схеми механічної
обробки

Листовий

Формат А1



3.11. Контрольні питання

- 1) Чому зуби дискової трьохсторонньої фрези розташовують під кутом від 8° до 15° , і як це впливає на процес різання?
- 2) З якої причини неробоча сторона зуба цієї фрези зрізається паралельно торцю?
- 3) З якої марки сталі виготовляється корпус дискової фрези та який матеріал застосовується для її ріжучих пластин?
- 4) Який хімічний склад має твердий сплав марки ВК6 і яка його червоностійкість?
- 5) Яку твердість повинен мати корпус дискової фрези згідно з технологічними вимогами?
- 6) Що є основною та допоміжною базою для даної дискової фрези при її кріпленні у верстаті?
- 7) Чому для виготовлення корпусу фрези у якості заготовки обирають поковку (штамповку), а не звичайний прокат?
- 8) Які особливості конструкції фрези дозволяють отримати отвір під оправку з мінімальною працемісткістю?
- 9) Для якого типу виробництва розроблено наведену маршрутну технологію виготовлення фрези?
- 10) Що виступає чорною базою під час перших токарно-гвинторізних операцій, а що використовується як чистова база надалі?
- 11) На верстаті якої моделі виконуються основні токарні операції (підрізання торців, розточування та розвертання отвору)?
- 12) За допомогою якого припою та під час якої операції відбувається з'єднання твердосплавних пластин з корпусом фрези?
- 13) На верстатах якого типу (і якої моделі) виконується заточування передньої та задньої поверхонь, а також фасок ножів фрези?
- 14) Для якої конкретної технологічної операції призначений інструмент другого порядку (дискова трьохстороння фреза на 19 зубів з кутом $\varphi = 45^\circ$)?
- 15) Яка операція призначена для очищення заготовки від заусенців після термічного відпалу?



Мета роботи: Ознайомитися з особливостями технології виготовлення зуборізного інструменту та послідовністю виготовлення на прикладі дискового довбача.

4.1. Службове призначення та опис конструкції інструмента

Зуборізні довбачі застосовують для нарізання прямозубих та косозубих циліндричних коліс як зовнішнього, так і внутрішнього зачеплення. Так же як і гребінки, довбачі можуть нарізати блочні шестерні та шевронні колеса. Процес обробки відбувається методом обкатування безперервно. Довбачі особливо ефективно застосовувати при обробці зубчатих коліс з вузьким ободом, що має велику кількість зубів і модуль до 2 мм.

Різальна частина довбача представляє собою сукупність зубчатих коліс безкінечно малої товщини. Кожне таке елементарне колесо має свій коефіцієнт зміщення висхідного контуру, розташовані ці колеса співвісно в порядку зменшення коефіцієнта зміщення від передньої поверхні нового довбача до опорного торця. При такому їх розташуванні бокова поверхня зуба довбача представляє собою евольвентну гвинтову поверхню. Кут підйому гвинтової задньої поверхні в процесі різання виконує роль заднього кута ріжучого бокового леза. Вершинна ріжуча крайка кожного елементарного колеса утворює вершинну задню поверхню, частіше за все конічну.

В залежності від розміру і призначення існують наступні конструктивні різновиди довбачів.

1. Дискові прямозубі довбачі, що застосовуються для нарізання прямозубих циліндричних коліс, головним чином зовнішнього зачеплення. Стандартні дискові довбачі виготовляють з номінальним ділільним діаметром $D_0 = 80 \div 200$ мм, модулем 1-12 мм.

2. Чашкові довбачі, що застосовуються для нарізання зовнішніх блочних коліс в упор і для виготовлення внутрішніх коліс середніх модулів. Стандартні довбачі цього виду мають номінальний діаметр 50-125 мм і модуль 1-9 мм. Вони відрізняються від дискових більш глибокою виточкою для розміщення кріпильної гайки. При обробці блочних шестерень у ряді випадків гайка не повинна виступати за площину, що проходить через вершинні ріжучі крайки.

3. Кінцеві, або хвостові, довбачі, що застосовуються для нарізання коліс внутрішнього зачеплення, мають $D_0 = 25; 38$ мм, $m = 1\div 4$ мм.

Чашковий довбач – інструмент дискового типу (рис. 4.1). Він складається з робочої та приєднувальної частин. Робоча частина представляє собою зубчатий вінець з рівновеликими зубцями, нарізаними по конусу. Передня поверхня ріжучих зубців також конічна. Кріпиться довбач до штоселя верстата за допомогою отвору і опорного торця та затискається гайкою. Для її розміщення передбачена спеціальна виточка. Для виходу шліфувального круга при заточуванні зубців передбачена ступиця, а на передній поверхні передбачена додаткова виточка

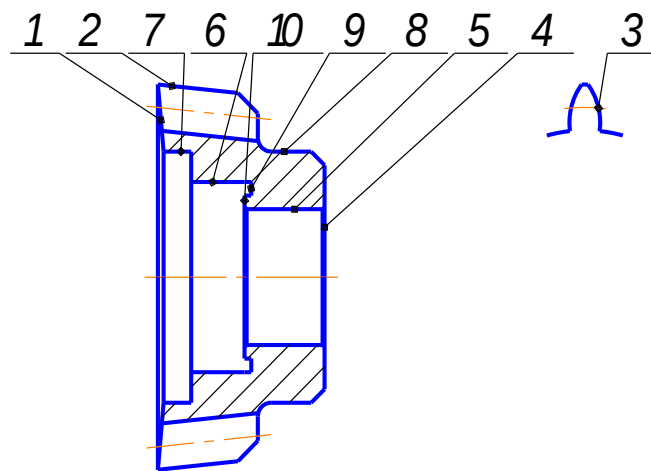


Рисунок 4.1 – Довбач чашковий: 1 – передня поверхня, 2 – задня поверхня, 3 – бокова поверхня зуба, 4 – торець, 5 – отвір, 6 – виточка, 7 – канавка виточки, 8 – ступиця, 9 – канавка торця виточки, 10 – торець виточки

Матеріал ріжучої частини суцільних довбачів: швидкорізальна сталь Р6М5, твердість 64..66 HRC. В окремих випадках при обробці сталей з твердістю до 40..45 HRC використовують довбачі збірні, ріжуча частина яких виготовлена з твердих сплавів. Корпуси таких довбачів, а також хвостової частини кінцевих довбачів виготовляють із сталі 40Х, твердість 30..40 HRC.

4.2. Вибір вида і способу отримання заготовки інструмента

Заготовка даного довбача чашкового є суцільною деталлю, що має форму диска. Враховуючи форму довбача, а також випускаємого металургійною промисловістю сортаменту швидкорізальних інструментальних сталей, приймаємо циліндричний пруток із сталі Р6М5. Розрізати прутки на мірні заготовки будемо на механічних ножівках, що дає високу точність по довжині з прийнятною шорсткістю поверхні.

4.3. Вибір методів кінцевої обробки поверхонь і маршрутів їх обробки

Для кожної поверхні, зазначеної на рис. 4.1, вибираємо відповідно до точності й шорсткості даної поверхні кінцеві методи обробки, керуючись довідниковими даними про середню економічну точність і шорсткість, що забезпечуються різними методами механічної обробки. Потім на підставі обраних методів кінцевої обробки для поверхонь, що мають високу точність та малі значення шорсткості, обираємо методи попередньої механічної обробки та формуємо маршрут обробки кожної поверхні. Всі дані зводимо до таблиці 4.1.

Таблиця 4.1

Методи кінцевої обробки поверхонь та маршрути їх обробки

Найменування та позначення поверхні, розмір	Вимоги креслення		Прийняті		Середньо-економічні показники методів	
	За точністю, квалітет і допуск в мм	За шорсткістю R_a , мкм	Метод кінцевої обробки	Маршрут обробки поверхні	Квалітет, і точність, мм	Шорсткість R_a , мкм
1	2	3	4	5	6	7
Передня поверхня 1, $5^\circ \pm 8'$	16'	0,25 мкм	Заточування	Підрізання	1°	2,5 мкм
				Шліфування	30'	0,8 мкм
				Заточування	16'	0,25 мкм

1	2	3	4	5	6	7
Задня поверхня 2, $\varnothing 56,75 \pm 0,023$	8-й, 0,046 мм	0,25 мкм	Шліфу- вання чистове	Точіння чорнове Точіння чистове Шліфу- вання чорнове Шліфу- вання чистове	14-й, 0,74 мм 12-й, 0,3 мм 10-й, 0,12 мм 8-й, 0,046 мм	8,0 мкм 2,5 мкм 0,8 мкм 0,25 мкм
Бокова поверхня зуба 3, евольв. поверхня	—	0,63 мкм	Поліру- вання	Фрезеру- вання Шліфу- вання чорнове Шліфу- вання чистове Поліру- вання	—	5,0 мкм 2,0 мкм 0,63 мкм 0,25 мкм
Торець 4, 25 (-0,52)	14-й, 0,52 мм	0,32 мкм	Притирка	Підрі- зання Шліфу- вання Притирка	14-й, 0,52 мм Без змін Без змін	3,2 мкм 1,0 мкм 0,32 мкм
Отвір 5, $\varnothing 20 (+0,006)$	4-й, 0,006 мм	0,25 мкм	Доводка	Сверд- ління Розточу- вання Шліфу- вання чорнове Шліфу- вання чистове Доводка	12-й, 0,21 мм 10-й, 0,084 мм 8-й, 0,033 мм 6-й, 0,013 мм 4-й, 0,006 мм	10,0 мкм 4,0 мкм 1,6 мкм 0,63 мкм 0,25 мкм
Виточка 6, $\varnothing 28 (+0,52)$	14-й, 0,52 мм	1,0 мкм	Розточу- вання чистове	Розточу- вання чорнове Розточу- вання чистове	14-й, 0,52 мм Без змін	5,0 мкм 2,0 мкм

1	2	3	4	5	6	7
Канавка виточки 7, 5 $(-0,3)$	14-й, 0,3 мм	5,0 мкм	Підрі- зання	Підрі- зання	14-й, 0,3 мм	5,0 мкм
Ступиця 8, $\varnothing 37 (-0,52)$	14-й, 0,52 мм	5,0 мкм	Точіння	Точіння	14-й, 0,52 мм	5,0 мкм
Канавка торця виточки 9, 2 $(+0,25)$	14-й, 0,25 мм	5,0 мкм	Розточу- вання	Розточу- вання	14-й, 0,25 мм	5,0 мкм
Торець виточки 10, 12 $(-0,43)$	14-й, 0,43 мм	0,63 мкм	Шліфу- вання	Шліфу- вання	14-й, 0,43 мм	0,63 мкм

4.4. Вибір технологічних баз

В якості чорнової технологічної бази вибираємо зовнішній діаметр заготовки та її торці.

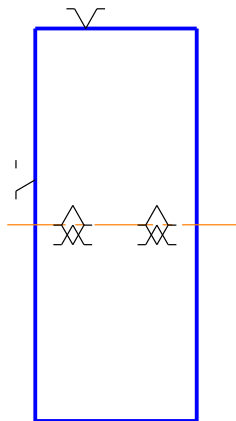


Рисунок 4.2 – Чорнова технологічна база

В якості основної технологічної бази вибираємо отвір довбача та шліфований торець.

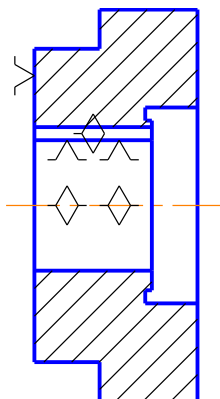


Рисунок 4.3 – Чистова технологічна база

4.5. Вибір припусків на обробку, встановлення розмірів заготовки

Визначення припусків на обробку здійснюємо статистичним методом з використанням даних, наведених у технічних довідниках. Розрахунки припусків представляємо у вигляді таблиці 4.2.

Таблиця 4.2

Зведена таблиця вибору припусків та розрахунків міжопераційних розмірів на поверхні інструмента

Найменування і позначення поверхні	Технологічний маршрут обробки поверхні	Табличне значення припуску $2Z_{\min}$ ($Z_{\min}$), мм	Допуск δ , мм	Граничні розміри		Найбільший припуск $2Z_{\max}$ ($Z_{\max}$), мм
				Найбільший $D_{\max}$	Найменший $D_{\min}$	
1	2	3	4	5	6	7
Передня поверхня 1, $5^{\circ} \pm 8'$	Заточування	0,05 мм	15'	—	—	0,05 мм
	Шліфування	0,05 мм	30'			0,05 мм
	Підрізання	0,75 мм	1°			0,75 мм
Задня поверхня 2, $\varnothing 56,75 \pm \pm 0,023$	Шліфування	0,3 мм	0,046 мм	56,773	56,727	0,374
	чистове Шліфування	0,7 мм	0,12 мм	57,147	57,027	0,88
	чорнове Точіння	1,5 мм	0,3 мм	58,027	57,727	1,94
	чистове Точіння	4,0 мм	0,74 мм	59,967	59,227	5,16
	чорнове Розрах. розмір заготовки		1,9 мм	65,127	63,227	
	Прийнят. розмір заготовки			64,95	63,05	4,983

1	2	3	4	5	6	7
Бокова поверхня зуба 3, 4,109	Поліру- вання Шліфу- вання чистове Шліфу- вання чорнове Фрезеру- вання	0 0,05 0,2 Констр.	—	4,109 4,109 4,159 4,359	—	—
Торець 4, 25 (-0,52)	Притирка Шліфу- вання Підрі- зання Підрі- зання Розрах. розмір заготовки Прийнят. розмір заготовки	0,05 1,0 2,0 2,0	0,52 0,52 0,52 0,52 1,3	25,0 25,05 26,05 28,05 30,83 30,65	24,48 24,53 25,53 27,53 29,53 29,35	0,05 1,0 2,0 2,78 2,65
Отвір 5, Ø 20 (+0,006)	Доводка Шліфу- вання чистове Шліфу- вання чорнове Розточу- вання Сверд- ління Прийнят. розмір свердла	0,05 0,1 0,2 0,3	0,006 0,013 0,033 0,084 0,21	20,006 19,956 19,856 19,656 19,356 19,21	20,0 19,943 19,823 19,572 19,146 19,0	0,057 0,12 0,251 0,426 0,572
Виточка 6, Ø 28 (+0,52)	Розточу- вання чистове Розточу- вання чорнове	1,2 8,11	0,52 0,52	28,52 27,32	28,0 26,8	2,2 7,8

Продовження таблиці 4.2

1	2	3	4	5	6	7
Канавка виточки 7, 5 (-0,3)	Підрі- зання	4,7	0,3	5,0	4,7	5,0
Ступиця 8, Ø 37 (-0,52)	Точіння	26,57	0,52	37,0	36,48	27,95
Канавка торця виточки 9, 2 (+0,25)	Розточу- вання	2,0	0,25	2,25	2,0	2,25
Торець виточки 10, 12(-0,43)	Шліфу- вання	1,0	0,43	12,0	11,57	1,43

4.6. Розробка технологічного маршруту виготовлення інструмента

На підставі розробленого поетапного плану виготовлення інструмента та використовуючи типові технологічні процеси отримання деталей відповідного технологічного класу визначаємо структуру та зміст кожної технологічної операції. Приймаючи до уваги тип виробництва інструментів, запис змісту операцій виконуємо у формі маршрутного описування, тобто без зазначення технологічних і допоміжних переходів.

Технологічний процес виготовлення інструмента подаємо у вигляді таблиці 3. Операційні ескізи на найбільш складні і оригінальні операції виносимо до графічної частини проекту, про що у графі 3 таблиці 3 будемо робити відповідний запис.

Таблиця 4.3

Технологічний маршрут виготовлення інструмента

№ опе- рації	Найменування операції та її зміст	Найменування та модель верстата
1	2	3
005	Заготівельна. Відрізати заготовку довбача довжиною 30 мм	Відрізний 872M
010	Токарна. Підрізати торець, обточити ступицю, зняти фаску	Токарний 16K20

1	2	3
015	Токарна. Підрізати другий торець, обточити зовнішню поверхню, свердлити отвір, розточити виточку, отвір, зняти фаску, підрізати канавку, підрізати передній торець під уклон, розточити канавку	Токарний 16K20Ф3
020	Токарна. Зняти фаску на отворі	Токарний 16K20
025	Токарна. Обточити на оправці зовнішню поверхню на конус, точити скос	Токарний 16K20
030	Зубофрезерна. Фрезерувати профіль зубців	Зубофрезерний 5K310
035	Слюсарна. Зняти задири після механічної обробки	—
040	Термічна. Загартувати інструмент	—
045	Слюсарна. Очистити від окалини	—
050	Шліфувальна. Шліфувати стрічку на передній поверхні і опорний торець	Плоско- шліфувальний 3A740
055	Слюсарна. Розмагнітити	—
060	Притирочна. Притерти опорний торець	—
065	Шліфувальна. Шліфувати отвір і торець виточки	Внутрішньо- шліфувальний 3A227П
070	Доводочна. Довести отвір	Внутрішньо- шліфувальний 3A227П
075	Шліфувальна. Шліфувати передню поверхню попередньо	Плоско- шліфувальний 3Д742В
080	Шліфувальна. Шліфувати задню поверхню попередньо	Кругло- шліфувальний 3Е12
085	Зубошліфувальна. Шліфувати профіль зубців з обох сторін попередньо	Зубо- шліфувальний 5893
090	Зубошліфувальна. Шліфувати профіль зубців з обох сторін остаточно	Зубо- шліфувальний 5893

1	2	3
095	Шліфувальна. Шліфувати задню поверхню остаточно	Кругло-шліфувальний 3Е12
100	Шліфувальна. Шліфувати передню поверхню остаточно	Плоско-шліфувальний 3Д742В
105	Шліфувальна. Шліфувати скос	Кругло-шліфувальний 3Е12
110	Полірувальна. Полірувати профіль зубців	Спеціальний полірувальний
115	Слюсарна. Розмагнітити	—
120	Контрольна. Перевірити довбач	—
125	Маркувальна. Маркувати інструмент згідно технічних вимог	—
130	Термічна. Ціанувати	—

4.7. Вибір технологічного оснащення для операцій механічної обробки

Прийняті рішення відносно вибору верстатного устаткування, різального і допоміжного інструмента та засобів технічного контролю для виконання кожної операції механічної обробки зводимо до таблиці 4.4.

Таблиця 4.4

Технологічний маршрут виготовлення інструмента

Верстатне устаткування (назва, вид приводу)	Різальний інструмент (назва, матеріал різальної частини)	Допоміжний інструмент, якщо є (назва)	Назва засобу технічного контролю
1	2	3	4
005 Заготовча			
Лещата машинні	Полотно ножівкове, Р6М5	—	Штангенциркуль ШЦ-I
010 Токарна			
Патрон три-кулачковий ручний	Різець підрізний, Т5К10; різець прохідний, Т5К10	—	Штангенциркуль ШЦ-I

1	2	3	4
015 Токарна			
Патрон три- кулачковий ручний	Різець підрізний, Т5К10; різець прохідний, Т5К10; свердло, Р5М6; різець розточувальний, Т5К10; різець канавковий спец., Р6М5	Втулки для закріплення свердел, розточуваль- них різців на револьверній головці	Штангенциркуль ШЦ-I індикаторний нутромір з індикатором ІРП
020 Токарна			
Патрон три- кулачковий ручний	Різець прохідний, Т5К10	—	Штангенциркуль ШЦ-I
025 Токарна			
Патрон три- кулачковий ручний, оправка	Різець прохідний, Т15К6; різець фасонний, Р6М5	—	Штангенциркуль ШЦ-I
030 Зубофрезерна			
Оправка, гайка затискна	Фреза черв'ячна модульна, Р6М5	—	Мікрометр 0-25
050 Шліфувальна			
Стіл магнітний ручний	Круг шліфувальний ПП	—	Штангенциркуль ШЦ-I
065 Шліфувальна			
Патрон три- кулачковий	Головка шліфувальна ГЦ	—	Штангенциркуль ШЦ-I індикаторний нутромір з індикатором ІРП
070 Доводочна			
Патрон три- кулачковий	Головка шліфувальна ГЦ	—	Штангенциркуль ШЦ-I індикаторний нутромір з індикатором ІРП
075 Шліфувальна			
Стіл магнітний ручний	Круг шліфувальний ПП	—	Кутомір
080 Шліфувальна			
Оправка, гайка затискна	Круг шліфувальний ПП	—	Мікрометр 0-25, кутомір
085 Зубошліфувальна			
Оправка, гайка затискна	Круг шліфувальний К	—	Мікрометр 0-25

1	2	3	4
090 Зубошліфувальна			
Оправка, гайка затискна	Круг шліфувальний К	—	Евольвентомір
095 Шліфувальна			
Оправка, гайка затискна	Круг шліфувальний ПП	—	Мікрометр 0-25, кутомір
100 Шліфувальна			
Стіл магнітний ручний	Круг шліфувальний ПП	—	Кутомір
105 Шліфувальна			
Оправка, гайка затискна	Круг шліфувальний ЧК	—	Штангенциркуль ШЦ-I кутомір
110 Полірувальна			
Оправка, гайка затискна	Круг полірувальний	—	—

4.8. Розрахунок режимів різання на механічну обробку

Згідно нормативів і довідникових даних на кожен з переходів операцій механічної обробки призначаємо наступні режими різання (табл. 4.5).

Таблиця 4.5

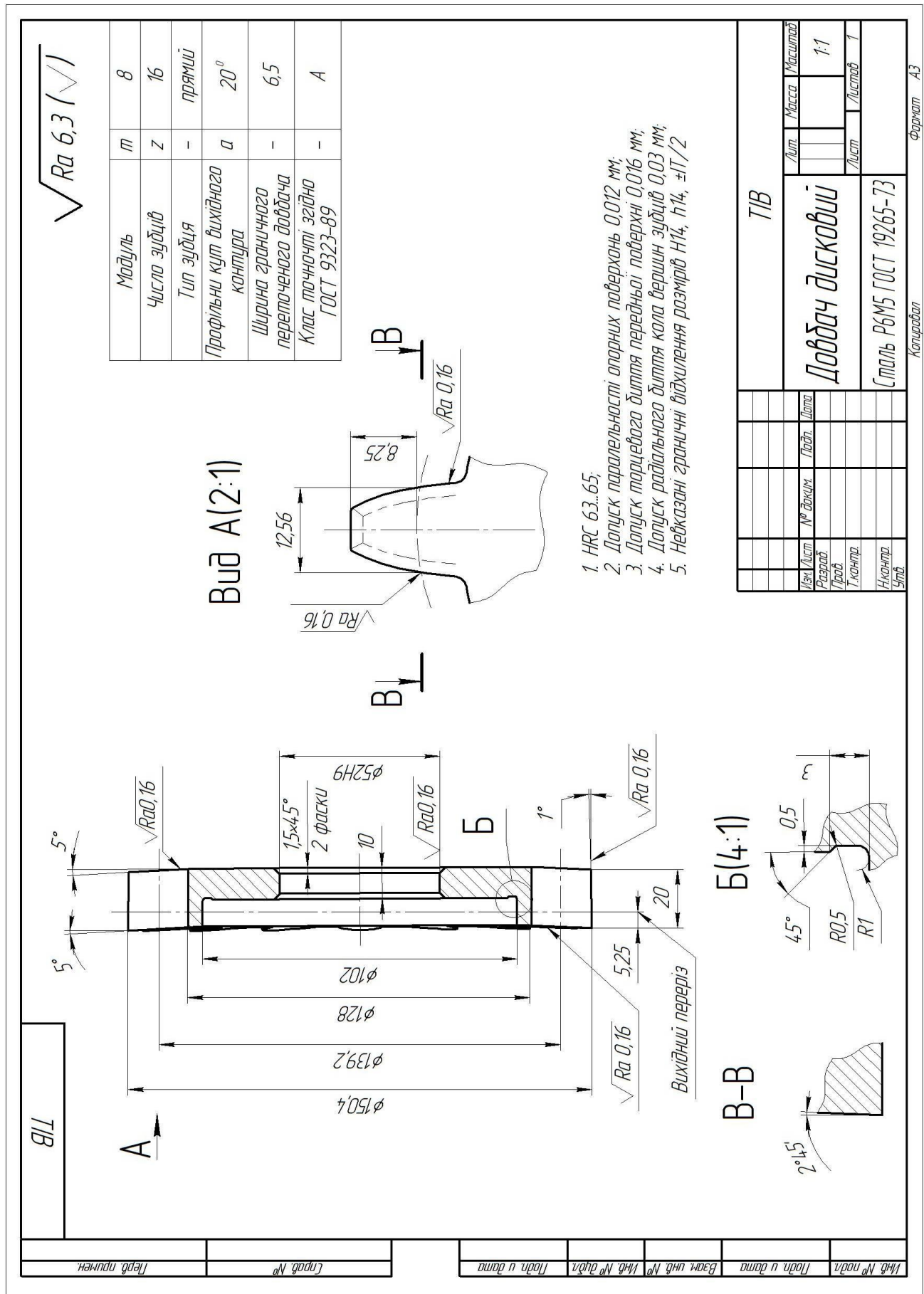
Режими різання на механічну обробку інструмента

Зміст технологічного переходу	Режими різання						Основний технологічний час T_o ,
	Глибина різання t , мм	Подача		Швидкість		Частота обертання шпинд. п, об/хв	
		На оберт S_o , мм/об	На хвилину $S_{хв}$, мм/хв	Головного руху V , м/хв	Допоміжного руху $V_{дб}$, м/хв		
1	2	3	4	5	6	7	8
005 Заготовча							
Відрізати заготовку від прутка Ø 64 мм	2	—	50	15	—	110 подв.х/хв	1,35
010 Токарна							
Підрізати торець	2	0,25	—	107	—	500	0,27
Обточити ступицю	13,5	0,4	—	70	—	315	0,38

1	2	3	4	5	6	7	8
015 Токарна							
Підрізати торець	2	0,25	—	107	—	500	0,27
Обточити зовнішню поверхню	2,5	0,4	—	70	—	315	0,15
Свердлити отвір	9,5	0,1	—	25	—	400	0,86
Розточити виточку начорно	4	0,25	—	63	—	630	0,095
Розточити виточку начисто	1,5	0,14	—	101	—	1000	0,11
Розточити отвір	0,4	0,25	—	63	—	1000	0,064
Підрізати канавку	5	0,25	—	107	—	800	0,033
Підрізати торець під уклон	0,9	0,25	—	107	—	500	0,11
Розточити канавку	2	0,1	—	25	—	250	0,12
020 Токарна							
Зняти фаску	1	0,4	—	107	—	1250	0,006
025 Токарна							
Обточити поверхню на конус	1,3	0,4	—	101	—	500	0,08
Зняти скос	3	0,25	—	107	—	500	0,05
030 Зубофрезерна							
Фрезерувати зубці	6,75	1,0	—	24	—	63	6,67
050 Шліфувальна							
Шліфувати стрічку на передній поверхні	0,05	8,0 мм/х	—	35 м/сек	20	—	0,06
Шліфувати торець	1	8,0 мм/х	—	35 м/сек	20	—	0,16
065 Шліфувальна							
Шліфувати отвір начорно	0,2	4,0	—	35 м/сек	30	450	0,58
Шліфувати торець виточки	1,0	4,0	—	35 м/сек	30	400	0,4
Шліфувати отвір начисто	0,1	2,5	—	35 м/сек	30	450	0,92

1	2	3	4	5	6	7	8
070 Доводочна							
Довести отвір	0,05	0,01 мм/ дв.х.	—	25 м/сек	1,5	12,5	3,47
075 Шліфувальна							
Шліфувати передню поверхню попередньо	0,05	4,0	—	35 м/сек	40	224	0,19
080 Шліфувальна							
Шліфувати задню поверхню попередньо	0,7	6,0	—	35 м/сек	20	112	1,5
085 Зубошліфувальна							
Шліфувати профіль зубців попередньо	0,2	0,025	—	35 м/сек	40	224	5,0
090 Зубошліфувальна							
Шліфувати профіль зубців остаточно	0,05	0,015	—	35 м/сек	30	160	11,7
095 Шліфувальна							
Шліфувати задню поверхню остаточно	0,3	4,0	—	35 м/сек	35	200	2,7
100 Шліфувальна							
Шліфувати передню поверхню остаточно	0,05	3,0	—	35 м/сек	50	280	0,31
105 Шліфувальна							
Шліфувати скос	0,5	0,025	—	35 м/сек	40	224	0,09
110 Полірувальна							
Полірувати профіль зубців	0	2,4	—	25	—	31,5	7,41

4.9. Приклади робочих креслень



4.10. Контрольні питання

- 1) Для нарізання яких саме деталей застосовують зуборізні довбачі і яким методом здійснюється процес обробки?
- 2) Що утворює бокову та вершинну задні поверхні зуба довбача?
- 3) У чому полягає основна конструктивна відмінність чашкового довбача від дискового?
- 4) З якого матеріалу виготовляють ріжучу частину суцільних довбачів і яку твердість вона повинна мати після термообробки?
- 5) Який вид та марка вихідного матеріалу (сортаменту) обирається для виготовлення даного чашкового довбача?
- 6) На якому обладнанні здійснюється розрізання прутка на мірні заготовки і які переваги надає цей спосіб?
- 7) Що обирають у якості чорнової технологічної бази на перших операціях, а що слугує основною (чистою) базою надалі?
- 8) Яка послідовність операцій/переходів забезпечує високу точність отвору $D = 20$ мм (від первинного отримання до остаточної обробки)?
- 9) На якому верстаті виконується попереднє нарізання (фрезерування) профілю зубців довбача?
- 10) Які класи методів обробки застосовуються для досягнення необхідної точності та шорсткості бокової евольвентної поверхні зуба?
- 11) Яку слюсарну операцію обов'язково виконують після механічної обробки та після шліфувальних операцій перед подальшим контролем?
- 12) Яка термічна/хіміко-термічна операція є фінішною у даному маршруті виготовлення довбача?
- 13) За допомогою якого вимірювального приладу здійснюють остаточний контроль профілю зубців довбача на зубшліфувальній операції?
- 14) На верстаті якої моделі та якого типу виконується остаточне шліфування передньої поверхні?
- 15) Для забезпечення якої технологічної вимоги (або дії інструменту при заточуванні) на передній поверхні довбача передбачено виточку та ступицю?



Мета роботи: Ознайомитися з особливостями технології виготовлення протяжного інструменту та послідовністю виготовлення на прикладі круглої протяжки.

5.1. Службове призначення і опис конструкції інструмента

Протяжки є складним і дорогим інструментом, що виготовляється для обробки деталей. Економічна ефективність від їх застосування у повній мірі виявляється лише при обробці значних партій деталей. Однак на підприємствах з невеликим випуском виробів протяжки можуть дати досить значний економічний ефект, якщо форми оброблюваних поверхонь та їх розміри нормалізовані.

Методи протягування і протяжний інструмент безперервно удосконалюються. В даний час в промисловості застосовується декілька схем протягування. Найбільш простою являється схема протягування, при якій здійснюється зворотно-поступальний відносний рух інструмента і заготовки. Дана схема використовується як при обробці внутрішніх, так і при обробці зовнішніх поверхонь на універсальних протяжних верстатах.

Для обробки отворів протяжка має форму стержня, поперечний перетин якого відповідає поперечному перетину оброблюваної деталі. На зовнішній, робочій поверхні висхідного стержня створюються зубці, розміри яких збільшуються до кінця протяжки. За рахунок поступового збільшення розмірів зубців відбувається зрізання металу тільки при поступальному русі протяжки відносно деталі. Останні профілюючі зубці протяжки мають ріжучі кромки, розташовані на поверхні висхідного стержня, що й забезпечує формування заданої поверхні деталі.

Щоб створити додатні передні кути у всіх точках різальної кромки, приймають конічну форму передньої поверхні, вісь якої суміщається з віссю протяжки. Величина переднього кута вибирається, як звичайно, в залежності від властивостей оброблюваного матеріалу і матеріалу інструмента. Задня поверхня зубців круглої протяжки виконується також у формі конічної поверхні і таким чином утворюються додатні задні кути у всіх точках різальних кромки. Задні кути внутрішніх протяжок мають зазвичай невелику величину. При виборі величин задніх кутів необхідно зберігати діаметральні розміри протяжки на протязі якомога довшого часу.

Протяжки перемінного різання являються протяжками з груповою схемою зрізання шарів металу, при якій різальні зубці працюють групами і зрізують шар заданої товщини за рахунок збільшення ширини різальної кромки наступного зуба по відношенню до попереднього. У кожній секції протяжки перемінного різання прорізні зубці, рівні по діаметру, мають на задній поверхні викружки, розташовані в шаховому порядку. Стружка має приблизно прямокутний переріз без ребра жорсткості. Це покращує умови завивання стружки і більш щільне її розташування в канавках. Останній зачищаючий зуб кожної секції виконується без викружок. Для того, щоб він не знімав замкнуту кільцеву стружку, його діаметр виконують на 0,02-0,04 мм менше. Кількість зубців в секції коливається від 2 до 5.

Матеріал ріжучої частини: швидкоріжуча сталь Р6М5, твердість 62...65 HRC, матеріал хвостової частини: сталь 40Х, твердість 40...45 HRC.

На рис. 5.1 приведено спрощену конструкцію круглої протяжки.

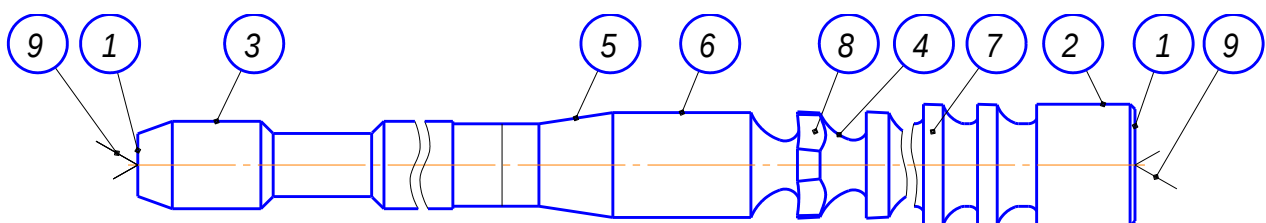


Рисунок 5.1 – Протяжка кругла: 1 – торці, 2 – задня напрямна, 3 – замок, 4 – стружкова канавка, 5 – західний конус, 6 – передня напрямна, 7 – ріжучі зубці, 8 – викружка, 9 – центрувальний отвір

5.2. Аналіз технологічності виробу

Протяжка кругла відноситься до класу валів. В якості баз при обробці використовуються центрувальні отвори на торцях інструмента. Прийнятий спосіб базування забезпечує високу співвісність хвостовика, робочої частини протяжки, її передньої та задньої напрямних. Всі поверхні протяжки відкриті, до них можливий вільний доступ ріжучого інструмента. Виключення складають центрувальні отвори, однак особливих проблем у їх отриманні немає.

Найбільш складними для виготовлення поверхнями круглої протяжки є стружкові канавки, що мають спеціальну фасонну поверхню, а отже для її виготовлення необхідно спроектувати спеціальний фасонний різець, та викружки, на отримання яких накладаються геометричні обмеження, викликані конструкцією самої протяжки. В процесі обробки стружкової канавки різець повинен перемішатися не перпендикулярно осі протяжки, а під кутом, з подальшим рухом паралельно осі на чистовій та калібрувальні ділянках робочої частини протяжки.

Як правило, у переважній більшості жорсткість протяжки обмежена, і для її підвищення необхідно використовувати люнет.

Матеріал деталі відповідає вимогам, що висуваються до неї. Для економії дорогої швидкоріжучої сталі хвостовик виготовляється з конструкційної сталі. На кресленні протяжки немає поверхонь з невідповідними значеннями точності розмірів та шорсткості поверхонь.

5.3. Вибір типу виробництва і організаційної форми виконання технологічного процесу

У більшості машинобудівних підприємств нашої області інструментальне забезпечення їх діяльності здійснюється шляхом оптових закупок у інструментальних підприємств та їх представників. Однак деякі потужні машинобудівні підприємства мають власні інструментальні цехи, на яких можливе виробництво протяжок. Їх виробничі потужності розраховані на

забезпечення в першу чергу власних потреб. Тому, враховуючи значну кількість операцій по обробці точних отворів в деталях основного підприємства, тип виробництва протяжок наближається до дрібносерійного. Організаційну форму виконання технологічного процесу приймаємо відповідно до зазначеного типу виробництва.

5.4. Вибір вида і способу отримання заготовки інструмента

Заготовка даної круглої протяжки складається з двох частин, що в наступному з'єднуються за допомогою зварювання. Враховуючи форму протяжки, а також наявний сортамент швидкорізальних та вуглецевих сталей приймаємо циліндричний пруток із сталі Р6М5 для робочої частини протяжки та циліндричний пруток із сталі 40Х для хвостової частини протяжки. Розрізати прутки на мірні заготовки будемо на токарному верстаті, що дає високу точність по довжині, без необхідності подальшої підготовки торців до зварювання. Для покращення процесу зварювання ділянку прутка робочої частини зменшуємо до розміру прутка хвостової частини. Після зварювання заготовку відпалюють та вирівнюють до необхідної точності.

5.5. Вибір методів кінцевої обробки поверхонь і маршрутів їх обробки

Для кожної поверхні, зазначеної на рис. 5.1, вибираємо відповідно до точності й шорсткості даної поверхні кінцеві методи обробки, керуючись довідниковими даними про середню економічну точність і шорсткість, що забезпечуються різними методами механічної обробки. Потім на підставі обраних методів кінцевої обробки для поверхонь, що мають високу точність та малі значення шорсткості, обираємо методи попередньої механічної обробки та формуємо маршрут обробки кожної поверхні. Всі дані зводимо до таблиці 5.1.

Таблиця 5.1

Методи кінцевої обробки поверхонь та маршрути їх обробки

Найменування та позначення поверхні, розмір	Вимоги креслення		Прийняті		Середньо-економічні показники методів	
	За точністю, квалітет і допуск в мм	За шорсткістю R_a , мкм	Метод кінцевої обробки	Маршрут обробки поверхні	Квалітет і точність, мм	Шорсткість R_a , мкм
1	2	3	4	5	6	7
Торець 1, $619 \pm 0,875$	14-й, 0,875 мм	5,0 мкм	Підрізання	Підрізання	14-й, 0,875 мм	5,0 мкм
Задня напрямна 2, $\varnothing 22,4^{+0,020}_{-0,041}$	7-й, 0,021 мм	0,63 мкм	Шліфування чистове	Точіння чорнове Точіння чистове Шліфування чорнове Шліфування чистове	13-й, 0,33 мм 11-й, 0,13 мм, 9-й, 0,052 мм 7-й, 0,021 мм	5,0 мкм 2,5 мкм 1,25 мкм 0,63 мкм
Замок 3, $\varnothing 18^{+0,032}_{-0,059}$	8-й, 0,027 мм	1,25 мкм	Шліфування чистове	Точіння чорнове Точіння чистове Шліфування чорнове Шліфування чистове	14-й, 0,52 мм 12-й, 0,21 мм, 10-й, 0,084 мм 8-й, 0,027 мм	10,0 мкм 5,0 мкм 2,5 мкм 1,25 мкм
Стружкова канавка 4, фасонний профіль	12-й, 0,14 мм	1,6 мкм	Шліфування	Точіння Шліфування	14-й, 0,3 мм 12-й, 0,14 мм	5,0 мкм 1,6 мкм

Продовження таблиці 5.1

1	2	3	4	5	6	7
Західний конус 5, $\varnothing 18_{-1.0}^{-0.5}$	14-й, 0,5 мм	1,6 мкм	Шліфу- вання	Точіння Шліфу- вання	14-й, 0,5 мм 14-й, 0,5 мм	5,0 мкм 1,6 мкм
Передня напрямна 6, $\varnothing 20,4_{-0.073}^{-0.040}$	8-й, 0,033 мм	0,63 мкм	Шліфу- вання чистове	Точіння чорнове Точіння чистове Шліфу- вання чорнове Шліфу- вання чистове	14-й, 0,52 мм 12-й, 0,21 мм, 10-й, 0,084 мм 8-й, 0,033 мм	5,0 мкм 2,5 мкм 1,25 мкм 0,63 мкм
Ріжучі зубці 7, $\varnothing 22,4_{-0.005}$	4-й, 0,005 мм	0,4 мкм	Доводка	Точіння чорнове Точіння чистове Шліфу- вання чорнове Шліфу- вання чистове Доводка	14-й, 0,52 мм 11-й, 0,13 мм, 8-й, 0,033 мм 6-й, 0,013 мм 4-й, 0,005 мм	6,3 мкм 3,2 мкм 1,6 мкм 0,8 мкм 0,4 мкм

1	2	3	4	5	6	7
Викружка 8, $6^{+0,5}$	14-й, 0,5 мм	1,6 мкм	Шліфу- вання	Шліфу- вання	14-й, 0,5 мм	1,6 мкм
Центру- вальний отвір 9, $\varnothing 2,5^{+0,25}$	14-й, 0,25 мм	10,0 мкм	Сверд- ління	Сверд- ління	14-й, 0,25 мм	10,0 мкм

5.6. Розробка загального плану виготовлення інструменту

Намічаємо поетапну послідовність виготовлення інструмента.

Перший етап – Заготівельний. На даному етапі слід здійснити відрізання заготовок для робочої і хвостової частин, підготовку їх торців до зварювання, вирівнювання діаметрів робочої і хвостової частин, стикове зварювання, відпал після зварювання, правку заготовки, очищення, обточування зварювального шва.

Другий етап – Отримання технологічних баз. На даному етапі слід здійснити підрізання торців та свердління центрувальних отворів.

Третій етап – Формування зовнішнього контуру інструмента в попередньому вигляді. На даному етапі слід здійснити обточування зовнішнього діаметру, задньої прямої, замкової частини, діаметру робочої частини на конус, західний конус, передню пряму, нарізати профіль зубців з відповідними кроками на чорновій та чистовій ділянках робочої частини, обточити отримані зубці по передньому куту і спинці.

Четвертий етап – Термообробний. На даному етапі слід здійснити термообробку робочої та хвостової частин інструмента, правку деталі, її очистку, зачистку центрів.

П'ятий етап – Остаточне формування зовнішнього контуру інструмента.

На даному етапі слід здійснити шліфування передньої поверхні і спинки зубців попередньо, місця під люнет, замкової частини, передньої та задньої напрямних, діаметру робочої частини по конусу, західного конусу, калібрувальних зубців по діаметру попередньо, шліфувати по діаметру кожен зуб в розмір, зубці по задній поверхні, викружки, заточити передню поверхню і спинку зубців остаточно, довести задню поверхню зубців.

Шостий етап – Маркірування інструмента.

5.7. Вибір технологічних баз

В якості чорнової технологічної бази вибираємо зовнішній діаметр заготовки та її торці (рис. 5.2).

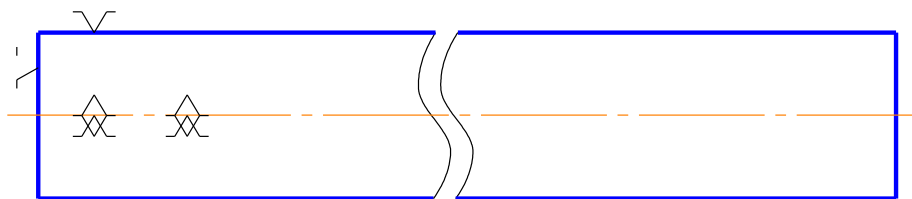


Рисунок 5.2 – Чорнова технологічна база

В якості основної технологічної бази вибираємо вісь протяжки (рис. 5.3), що технічно реалізована двома технологічними отворами на її торцях.

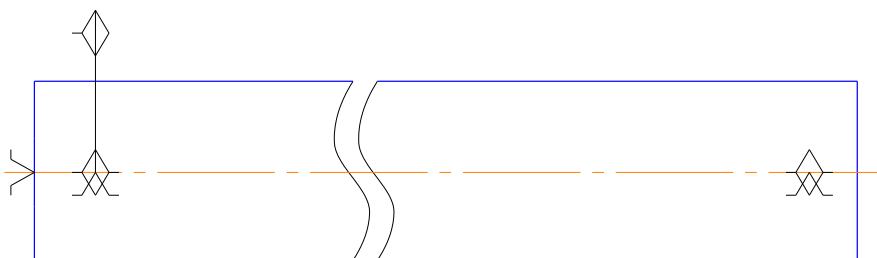


Рисунок 5.3 – Чистова технологічна база

5.8. Вибір припусків на обробку. Встановлення розмірів заготовки

Визначення припусків на обробку здійснюємо статистичним методом з використанням даних, наведених у технічних довідниках. Розрахунки припусків представляємо у вигляді таблиці 5.2.

Таблиця 5.2

Зведена таблиця вибору припусків та розрахунків міжопераційних розмірів на поверхні інструмента

Найменування і позначення поверхні	Технологічний маршрут обробки поверхні	Табличне значення припуску $2Z_{\min}$ ($Z_{\min}$), мм	Допуск δ , мм	Граничні розміри		Найбільший припуск $2Z_{\max}$ ($Z_{\max}$), мм
				Найбільший $D_{\max}$	Найменший $D_{\min}$	
1	2	3	4	5	6	7
Торець 1, $599 \pm 0,875$	Підрізання	3,0	1,75	599,875	598,125	3,0
	Підрізання	3,0	1,75	602,875	601,125	5,65
	Розрахунковий розмір заготовки		4,4	608,525	604,125	
	Прийнятий розмір заготовки			608,2	603,8	5,325
Задня напрямна 2, $\varnothing 22,4^{+0,020}_{-0,041}$	Шліфування чистове	0,1	0,021	22,38	22,359	0,131
	Шліфування чорнове	0,3	0,052	22,511	22,459	0,379
	Точіння чистове	0,3	0,13	22,889	22,759	0,5
	Точіння чорнове	1,2	0,33	23,389	23,059	2,261

Продовження таблиці 5.2

1	2	3	4	5	6	7
Замок 3, $\varnothing 18_{-0.032}^{-0.059}$	Шліфування чистове	0,1	0,027	17,968	17,941	0,157
	Шліфування чорнове	0,3	0,084	18,125	18,041	0,426
	Точіння чистове	0,3	0,21	18,551	18,341	0,61
	Точіння чорнове	1,2	0,52	19,161	18,641	1,98
	Розрахунковий розмір заготовки Прийнятий розмір заготовки		1,3	21,141	19,841	
Стружкова канавка 4, фасонний профіль	Шліфування	0,3	0,14	6,14	6,0	0,46
	Точіння	1,2	0,3	5,84	5,54	5,84
Заходний конус 5, $\varnothing 18_{-1.0}^{-0.5}$	Шліфування	1,2	0,5	17,5	17,0	1,2
	Точіння	1,2	0,5	18,7	18,2	6,95
Передня напрямна 6, $\varnothing 20,4_{-0.073}^{-0.040}$	Шліфування чистове	0,1	0,033	20,36	20,327	0,132
	Шліфування чорнове	0,3	0,084	20,511	20,427	0,378
	Точіння чистове	0,3	0,21	20,937	20,727	0,5
	Точіння чорнове	1,2	0,52	21,547	21,027	4,103
Викружка 8, $6^{+0,5}$	Шліфування	6,0	0,5	6,5	6,0	6,5
Центровочний отвір 9, $\varnothing 2,5^{+0,25}$	Свердління	2,5	0,25	2,75	2,5	2,75

1	2	3	4	5	6	7
Ріжучі зубці 7, Ø22,4-0,005	Доводка	0,02	0,005	22,4	22,395	0,028
	Шліфу- вання чистове	0,1	0,013	22,428	22,415	0,12
	Шліфу- вання чорнове	0,3	0,033	22,548	22,515	0,397
	Точіння чистове	0,3	0,13	22,945	22,815	0,69
	Точіння чорнове	1,2	0,52	23,635	23,115	1,98
	Розрахун- ковий розмір заготовки		1,3	25,615	24,315	
	Прий- нятий розмір заготовки			25,65	24,35	2,015

5.9. Розробка технологічного маршруту виготовлення інструмента

На підставі розробленого поетапного плану виготовлення інструмента та використовуючи типові технологічні процеси отримання деталей відповідного технологічного класу визначаємо структуру та зміст кожної технологічної операції. Приймаючи до уваги тип виробництва інструментів, запис змісту операцій виконуємо у формі маршрутного описування, тобто без зазначення технологічних і допоміжних переходів.

Технологічний процес виготовлення інструмента подаємо у вигляді таблиці 5.3. Операційні ескізи на найбільш складні і оригінальні операції виносимо до графічної частини проекту, про що у графі 3 таблиці 5.3 будемо робити відповідний запис.

Технологічний маршрут виготовлення інструмента

№ операції	Найменування операції та її зміст	Операційний ескіз обробки	Найменування та модель верстата
1	2	3	4
005	Заготовча. Відрізати заготовку робочої частини довжиною 473 мм	КР ТІВ 109125.000 ТЧ	Токарний 16K20
010	Заготовча. Відрізати заготовку хвостової частини довжиною 134 мм	КР ТІВ 109125.000 ТЧ	Токарний 16K20
015	Галтовочна. Очистити від окалини заготовки в галтовочному барабані	—	—
020	Токарна. Обточити уступ на заготовці робочої частини під зварювання	КР ТІВ 109125.000 ТЧ	Токарний 16K20
025	Зварювальна. Зварити заготовки встик	—	—
030	Термічна. Відпалити заготовку після зварювання	—	—
035	Рихтувальна. Правити заготовку після зварювання	—	—
040	Токарна. Обточити зварювальний шов	КР ТІВ 109125.000 ТЧ	Токарний 16K20
045	Токарна. Підрізати торці та центрувати з двох сторін центрувальні отвори	КР ТІВ 109125.000 ТЧ	Токарний 16K20
050	Токарна. Обточити зовнішній діаметр і задню напрямну, зняти фаску	КР ТІВ 109125.000 ТЧ	Токарний 16K20
055	Токарна. Обточити замкову частину, зняти фаски	КР ТІВ 109125.000 ТЧ	Токарний 16K20
060	Токарна. Обточити західний конус	КР ТІВ 109125.000 ТЧ	Токарний 16K20

1	2	3	4
065	Токарна. Обточити передню напрямну	КР ТІВ 109125.000 ТЧ	Токарний 16К20
070	Токарна. Обточити діаметр робочої частини на конус	КР ТІВ 109125.000 ТЧ	Токарний 16К20
075	Токарна. Нарізати профіль зубців на чорновій ділянці робочої частини	КР ТІВ 109125.000 ТЧ	Токарний 16К20
080	Токарна. Нарізати профіль зубців на чистовій ділянці робочої частини	КР ТІВ 109125.000 ТЧ	Токарний 16К20
085	Термічна. Загартувати інструмент	—	—
090	Рихтувальна. Рихтувати деталь після термообробки	—	—
095	Дробоструменева. Очистити деталь від окалини	—	—
100	Слюсарна. Очистити центрувальні отвори	—	—
105	Шліфувальна. Шліфувати передню поверхню і спинку зубців попередньо на чорновій ділянці робочої частини	КР ТІВ 109125.000 ТЧ	Кругло-шліфувальний 3Е12
110	Шліфувальна. Шліфувати передню поверхню і спинку зубців попередньо на чистовій ділянці робочої частини	КР ТІВ 109125.000 ТЧ	Кругло-шліфувальний 3Е12
115	Шліфувальна. Шліфувати місце під люнет, замкову частину, передню напрямну	КР ТІВ 109125.000 ТЧ	Кругло-шліфувальний 3Е12
120	Шліфувальна. Шліфувати діаметр робочої частини по конусу	КР ТІВ 109125.000 ТЧ	Кругло-шліфувальний 3Е12
125	Шліфувальна. Шліфувати західний конус	КР ТІВ 109125.000 ТЧ	Кругло-шліфувальний 3Е12

1	2	3	4
130	Шліфувальна. Шліфувати калібрувальні зубці по діаметру попередньо та задню напрямну начорно і начисто	КР ТІВ 109125.000 ТЧ	Кругло-шліфувальний 3Е12
135	Шліфувальна. Шліфувати по діаметру кожен зуб в розмір	КР ТІВ 109125.000 ТЧ	Кругло-шліфувальний 3Е12
140	Шліфувальна. Шліфувати зубці по задньому куту	КР ТІВ 109125.000 ТЧ	Кругло-шліфувальний 3Е12
145	Шліфувальна. Шліфувати викружки	КР ТІВ 109125.000 ТЧ	Заточувальний 3Б631
150	Заточувальна. Заточити передню поверхню і спинку зубців остаточно на чорновій ділянці робочої частини	КР ТІВ 109125.000 ТЧ	Заточувальний 3Б631
155	Заточувальна. Заточити передню поверхню і спинку зубців остаточно на чистовій ділянці робочої частини	КР ТІВ 109125.000 ТЧ	Заточувальний 3Б631
160	Доводочна. Довести задню поверхню зубців	КР ТІВ 109125.000 ТЧ	Кругло-шліфувальний 3Е12
165	Маркувальна. Маркувати інструмент згідно технічних вимог	—	—

5.10. Вибір технологічного оснащення для операцій механічної обробки

Прийняті рішення відносно вибору верстатного устаткування, різального і допоміжного інструмента та засобів технічного контролю для виконання кожної операції механічної обробки зводимо до таблиці 5.4.

Технологічний маршрут виготовлення інструмента

Верстатне устаткування (назва, тип приводу)	Різальний інструмент (назва, стандарт, матеріал різальної частини)	Допоміжний інструмент (назва, стандарт)	Назва засобу технічного контролю, стандарт
1	2	3	4
005 Заготовча			
Патрон три-кулачковий ручний	Різець відрізний, T5K10	—	Штангенциркуль ШЦ-I
010 Заготовча			
Патрон три-кулачковий ручний	Різець відрізний, T5K10	—	Штангенциркуль ШЦ-I
020 Токарна			
Патрон три-кулачковий ручний	Різець прохідний, T5K10	—	Штангенциркуль ШЦ-I
040 Токарна			
Патрон три-кулачковий ручний	Різець прохідний, T5K10	—	—
045 Токарна			
Патрон три-кулачковий, патрон свердлиль-ний ручний	Різець підрізний, T5K10; свердло центрувальне A2	Втулка перехідна з конуса Морзе № 3 та № 5	Штангенциркуль ШЦ-I
050 Токарна			
Патрон три-кулачковий ручний, центр задній	Різець прохідний, T5K10, T15K6	—	Штангенциркуль ШЦ-I
055 Токарна			
Патрон три-кулачковий ручний, центр задній	Різець прохідний, T5K10, T15K6; різець канавочний T5K10	—	Штангенциркуль ШЦ-I
060 Токарна			
Патрон три-кулачковий ручний, центр задній, пристрій синусний	Різець прохідний, T5K10	—	Штангенциркуль ШЦ-I

1	2	3	4
065 Токарна			
Патрон три- кулачковий ручний, центр задній	Різець прохідний, T5K10, T15K6	—	Штангенциркуль ШЦ-I
070 Токарна			
Патрон поводковий з хомутом, центр задній, люнет, пристрій синусний	Різець прохідний, T15K6	—	Штангенциркуль ШЦ-I
075 Токарна			
Патрон поводковий з хомутом, центр задній, люнет	Різець канавочний фасонний, P6M5	—	Штангенциркуль ШЦ-I, калібр фасонний, кутомір
080 Токарна			
Патрон поводковий з хомутом, центр задній, люнет	Різець канавочний фасонний, P6M5	—	Штангенциркуль ШЦ-I, калібр фасонний, кутомір
105 Шліфувальна			
Патрон поводковий з хомутом, центр задній	Круг шліфувальний фасонний	—	Штангенциркуль ШЦ-I, калібр фасонний, кутомір
110 Шліфувальна			
Патрон поводковий з хомутом, центр задній	Круг шліфувальний фасонний	—	Штангенциркуль ШЦ-I, калібр фасонний, кутомір
115 Шліфувальна			
Патрон поводковий з хомутом, центр задній	Круг шліфувальний ПП	—	Штангенциркуль ШЦ-I, мікро- метр 0–25

1	2	3	4
120 Шліфувальна			
Патрон поводковий з хомутом, центр задній, люнет, пристрій синусний	Круг шліфувальний ПП	—	Штангенциркуль ШЦ-I, мікрометр 0-25
125 Шліфувальна			
Патрон поводковий з хомутом, центр задній, люнет, пристрій синусний	Круг шліфувальний ПП	—	Штангенциркуль ШЦ-I, мікрометр 0-25
130 Шліфувальна			
Патрон поводковий з хомутом, центр задній, люнет	Круг шліфувальний ПП	—	Штангенциркуль ШЦ-I, мікрометр 0-25
135 Шліфувальна			
Патрон поводковий з хомутом, центр задній, люнет	Круг шліфувальний ПП	—	Штангенциркуль ШЦ-I, мікрометр 0-25
140 Шліфувальна			
Патрон поводковий з хомутом, центр задній, люнет	Круг шліфувальний ПП	—	Штангенциркуль ШЦ-I, мікрометр 0-25
145 Шліфувальна			
Головка ділильна, патрон поводковий з хомутом, центр задній, люнет	Круг шліфувальний ПП	—	Штангенциркуль ШЦ-I
150 Заточна			
Патрон поводковий з хомутом, центр задній, люнет	Круг шліфувальний фасонний	—	Штангенциркуль ШЦ-I, калібр фасонний, кутомір
155 Заточна			
Патрон поводковий з хомутом, центр задній, люнет	Круг шліфувальний фасонний	—	Штангенциркуль ШЦ-I, калібр фасонний, кутомір
160 Доводочна			
Патрон поводковий з хомутом, центр задній, люнет	Круг шліфувальний ПП	—	Штангенциркуль ШЦ-I, мікрометр 0-25

5.11. Розрахунок режимів різання на механічну обробку

Згідно нормативів і довідникових даних на кожен з переходів операцій механічної обробки призначаємо наступні режими різання (табл. 5.5).

Таблиця 5.5

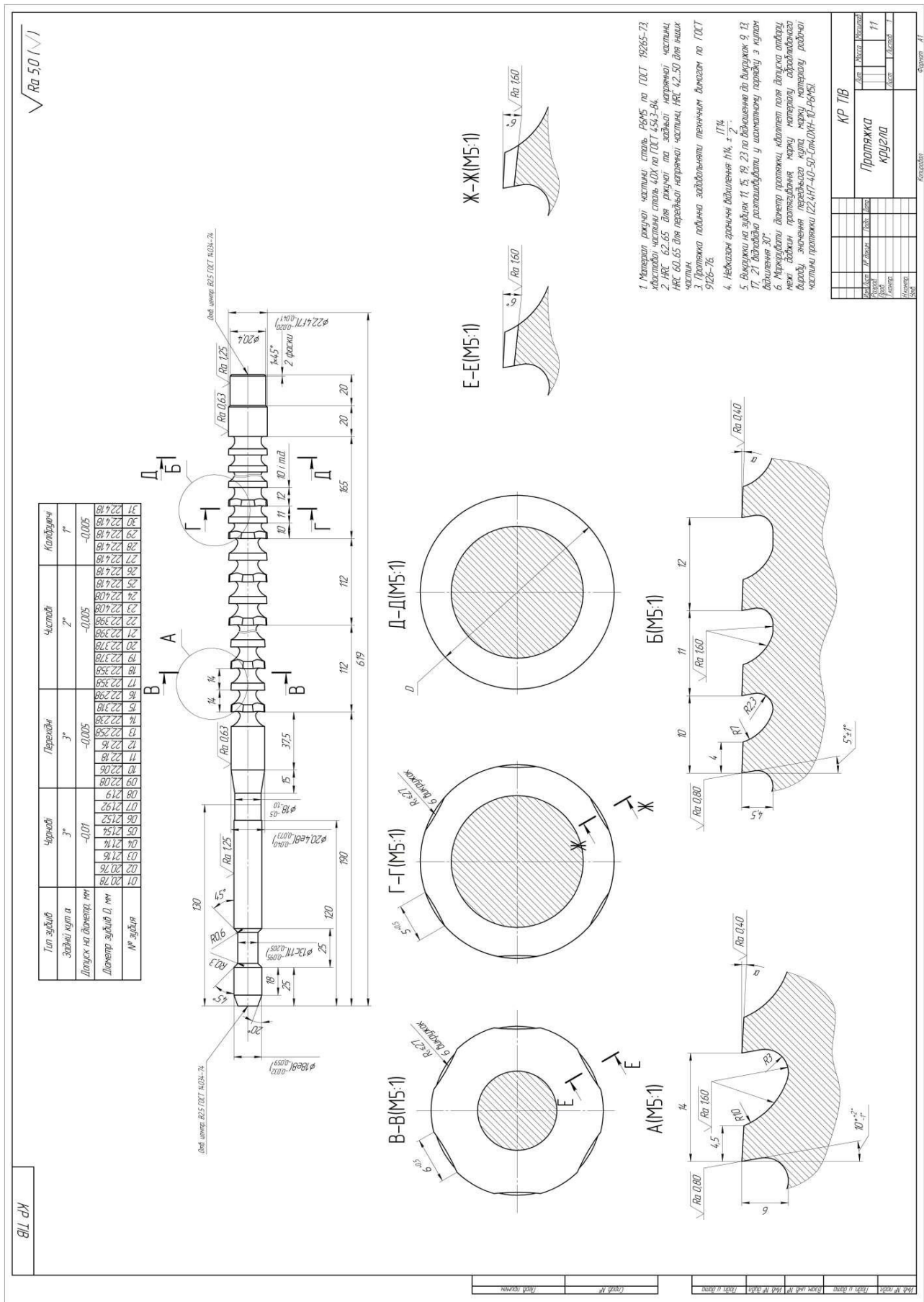
Режими різання на механічну обробку інструмента

Зміст технологічного переходу	Режими різання						Основний технологічний час T_o , хв
	Глибина різання t , мм	Подача		Швидкість		Частота обертання шпинд. n , об/хв	
		На оберт S_o , мм/об	На хвилину $S_{хв}$, мм/хв	Головного руху V , м/хв	Допоміжного руху $V_{д}$, м/хв		
1	2	3	4	5	6	7	8
005 Заготовча							
Відрізати заготовку від прутка $\varnothing$ 25 мм	4	0,1	—	95	—	1250	0,116
010 Заготовча							
Відрізати заготовку від прутка $\varnothing$ 21 мм	4	0,1	—	107	—	1600	0,078
020 Токарна							
Обточити уступ	2	0,4	—	95	—	1250	0,014
040 Токарна							
Обточити зварювальний шов $\varnothing$ 21 мм	3	0,4	—	65	—	1000	0,025
045 Токарна							
Підрізати торці з двох сторін $\varnothing$ 25 мм	2	0,25	—	99	—	1000	0,136
Свердлити центровочні отвори $\varnothing$ 2,5 мм	4	0,11	—	32	—	1250	0,061
050 Токарна							
Обточити зовнішній діаметр і задню напрямну начорно	0,6	0,4	—	65	—	800	1,619
Обточити задню напрямну начисто	0,3	0,12	—	104	—	1250	0,147

1	2	3	4	5	6	7	8
055 Токарна							
Обточити замкову частину начорно	0,6	0,4	—	65	—	1000	0,434
Обточити замкову частину начисто	0,3	0,12	—	104	—	1600	0,904
Обточити канавку	7,5	0,25	—	99	—	1600	0,007
060 Токарна							
Обточити західний конус	1,7	0,4	—	65	—	800	0,053
065 Токарна							
Обточити передню напрямну начорно	1,2	0,4	—	65	—	800	0,123
Обточити передню напрямну начисто	0,3	0,12	—	104	—	1250	0,263
070 Токарна							
Обточити робочу частину на конус	0,3	0,12	—	104	—	1250	2,253
075 Токарна							
Нарізати профіль зубців	6	0,06	—	13	—	200	9,333
080 Токарна							
Нарізати профіль зубців	4,5	0,06	—	13	—	200	6,875
105 Шліфувальна							
Шліфувати передню поверхню і спинку зубців попередньо	0,3	$7,5 \times 10^{-3}$	—	35 м/сек	50	710	0,901
110 Шліфувальна							
Шліфувати передню поверхню і спинку зубців попередньо	0,3	$7,5 \times 10^{-3}$	—	35 м/сек	50	710	0,845
115 Шліфувальна							
Шліфувати замкову частину, передню напрямну начорно	0,3	4,8	—	35 м/сек	25	355	1,461
Шліфувати замкову частину, передню напрямну начисто	0,1	3,2	—	35 м/сек	15	200	6,484

1	2	3	4	5	6	7	8
120 Шліфувальна							
Шліфувати діаметр робочої частини по конусу	0,3	4,8	—	35 м/сек	25	355	2,423
125 Шліфувальна							
Шліфувати заходний конус	0,3	4,8	—	35 м/сек	25	355	0,176
130 Шліфувальна							
Шліфувати калібруючі зубці по діаметру та задню напряму попередньо	0,3	4,8	—	35 м/сек	25	355	0,387
Шліфувати задню напряму начисто	0,1	3,2	—	35 м/сек	15	200	0,031
135 Шліфувальна							
Шліфувати по діаметру кожен зуб	0,1	$2,5 \times 10^{-3}$	—	35 м/сек	35	500	4,96
140 Шліфувальна							
Шліфувати зубці по задньому куту	0,236	$2,5 \times 10^{-3}$	—	35 м/сек	35	500	5,85
145 Шліфувальна							
Шліфувати викружки	0,6	$7,5 \times 10^{-3}$	—	35 м/сек	—	—	8,789
150 Заточувальна							
Заточити передню поверхню і спинку зубців остаточно	0,1	0,001	—	35 м/сек	20	250	6,4
155 Заточувальна							
Заточити передню поверхню і спинку зубців остаточно	0,1	0,001	—	35 м/сек	20	250	6
160 Доводочна							
Довести задню поверхню зубців	0,02	0,001	—	35 м/сек	20	250	2,48

5.12. Приклади робочих креслень



5.13. Контрольні питання

1. Який тип виробництва та організаційна форма є характерними для виготовлення протяжок за розглянутим технологічним процесом і чому?
2. З яких матеріалів і чому виготовляють окремо робочу та хвостову частини круглої протяжки?
3. Які поверхні круглої протяжки є найскладнішими для виготовлення та якими геометричними/технологічними особливими умовами це обумовлено?
4. Що використовують у якості чорнових та основних (чистових) технологічних баз при механічній обробці протяжки?
5. Для чого у конструкції протяжки передбачені викружки на прорізних зубцях та яку форму має стружка завдяки їм?
6. Чому діаметр останнього зачищаючого зуба в секції виконують меншим на 0,02...0,04 мм порівняно з іншими зубцями?
7. Які технологічні операції виконуються на першому (заготівельному) етапі виготовлення комбінованої заготовки протяжки?
8. На якому обладнанні та за допомогою яких інструментів виконується токарне нарізання профілю зубців протяжки?
9. З якою метою в технологічний процес введено використання люнета та пристрою синусного при токарній і шліфувальній обробці?
10. Які методи кінцевої механічної обробки та забезпечувана ними шорсткість (R_a) прийняті для ріжучих зубців та передньої прямої протяжки?
11. На якому етапі та за допомогою якого верстата реалізується виготовлення (шліфування) викружок на зубцях?
12. Яку роль відіграє термічна обробка (відпал та загартування) у загальній послідовності виготовлення протяжки?
13. Яке технологічне оснащення та контрольно-вимірювальні засоби використовуються на операції 045 (Токарна: підрізання торців та центрування)?
14. У чому полягає відмінність між попереднім та остаточним заточуванням передньої поверхні й спинки зубців?
15. Як визначаються та вибираються припусками міжопераційні розміри для обробки задньої прямої та хвостової частини?

СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

Міжнародні стандарти

1. ISO 5608:2012. Turning and copying tool holders and cartridges for indexable inserts – Designation. 4th ed. Geneva : International Organization for Standardization, 2012. 11 p. <https://www.iso.org/standard/60180.html>
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/65067f9c-2c6b-4b31-9ffe-69156bad8b07/iso-5608-2012>
2. ISO 5419:1982. Twist drills – Terms, definitions and types. Geneva : International Organization for Standardization, 1982. 24 p. <https://www.iso.org/standard/11462.html>
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/2bba71bb-517d-474e-b46d-787e89711080/iso-5419-1982>
3. ISO 525:2020. Bonded abrasive products – Shape types, designation and marking. 5th ed. Geneva : International Organization for Standardization, 2020. 21 p. <https://www.iso.org/standard/78476.html>
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/820ee037-fdf2-43bb-a5ab-3fae7340d4fc/iso-525-2020>
4. ISO 7388-1:2007, Tool shanks with 7/24 taper for automatic tool changers – Part 1: Dimensions and designation of shanks of forms A, AD, AF, U, UD and UF, 2nd ed., Geneva : International Organization for Standardization, 2007, 12 p. <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/943fd2ff-75dd-4f11-b797-3b95d2bef13e/iso-7388-1-2007>

Національні стандарти

5. ДСТУ 2233:2021. Інструменти різальні. Терміни та визначення понять. – [На заміну ДСТУ 2233-93 ; чинний від 2022-09-01]. – Вид. офіц. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2022. – 38 с
6. ДСТУ 2249:2021. Обробляння різанням. Терміни, визначення понять та позначки. – [На заміну ДСТУ 2249-93 ; чинний від 2022-09-01]. – Вид. офіц. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2022. – 54 с.
7. ДСТУ ISO 513:2015. Матеріали тверді різальні для зняття стружки з певними різальними крайками. Класифікація та застосування. Позначення основних груп щодо зняття стружки і груп щодо застосування (ISO 513:2012, IDT). – [Вперше зі скасуванням в Україні ГОСТ 3882-74 (ИСО 513-75) ; чинний від 2016-01-01]. – Вид. офіц. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. – 12 с.
8. ДСТУ ISO 237:2018. Інструменти металорізальні із циліндричними хвостовиками. Діаметри хвостовиків та розміри квадратів (ISO 237:1975, IDT). – [На заміну ДСТУ ГОСТ 9523:2008 (ИСО 237-75) ; чинний від 2019-01-01]. – Вид. офіц. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2018. – 8 с.
9. ДСТУ ISO 1832:2015. Пластинки багатогранні змінні для різців. Позначення (ISO 1832:2012, IDT). – [Вперше зі скасуванням в Україні ГОСТ 25605-83 (ИСО 3315-88, ИСО 3316-88) ; чинний від 2016-01-01]. – Вид. офіц. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. – 31 с.

10.ДСТУ ISO 5611:2015. Державки картриджні типу А для багатограних різальних пластин. Розміри (ISO 5611:1995, IDT). – [Вперше зі скасуванням в Україні ГОСТ 19042-80 (ИСО 1832-85) ; чинний від 2016-01-01]. – Вид. офіц. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. – 11 с.

11.ДСТУ ISO 3859:2015. Фрези для пазів типу «ластівчин хвіст» зворотні та прямі з циліндричними хвостовиками (ISO 3859:2000, IDT). – [Вперше зі скасуванням в Україні ГОСТ 29118-91 (ИСО 3859-85) ; чинний від 2016-01-01]. – Вид. офіц. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. – 10 с.

Навчальні посібники

12.Булига Ю. В. Основи інструментального виробництва : навчальний посібник [Електронний ресурс] / Ю. В. Булига, А. В. Слабкий – Вінниця: ВНТУ, 2018. (PDF, 149 с.)

13.Зубовецька Н. Т. Проектування та технологія виготовлення металорізальних інструментів: електронний посібник з дисципліни / Н. Т. Зубовецька – Луцьк: ЛНТУ, 2018. Режим доступу до ресурсу: https://elib.lntu.edu.ua/sites/default/files/elib_upload/Зубовецька Н/index.html.

14.Кукляк М. Л. Металорізальні інструменти. Проектування / М. Л. Кукляк, І. С. Афтаназів, І. І. Юрчишин. – Львів : Львівська політехніка, 2003. – 556 с.

15.Паливода Ю. Є. Технологія оброблення зубчастих коліс : навчальний посібник для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» галузі знань 13 «Механічна інженерія» / укладачі : Ю. Є. Паливода, Ю. Б. Капаціла, І. Г. Ткаченко. – Тернопіль : ТНТУ, 2016. – 136 с.

16.Равська Н. С. Металорізальні інструменти: підручник / Н. С. Равська – Житомир: ЖДТУ, 2016. – 612 с.

17.Різальний інструмент [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 131 «Прикладна механіка», спеціалізації «Технологія машинобудування» / уклад.: Л.М. Данилова, С.В. Лапковський, В.П. Приходько – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 147 с.

18.Різальний інструмент та інструментальне забезпечення. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт / Укл. В.С. Надєїн, О.В. Чернявський. – Кіровоград: КНТУ, 2004. – 68 с.

19.Родін П.Р., Бугай Ю.М., Равська Н.С. Солодкий В.І.. Металорізальні інструмента, Частина 1.– Київ, 1992.– 226 с.

20. Родін П.Р., Бугай Ю.М., Равська Н.С. Солодкий В.І. Металорізальні інструмента, Частина 2.– Київ, 1993.– 178 с.

21. Родін П.Р., Равська Н.С., Ковальова Л.І., Родін Р.П. Різальний інструмент у прикладах і задачах.– Київ, “Вища школа”, 1994.– 294 с.

22. Стискін Г.М. та ін. Інструменти для механічної обробки матеріалів. – Львів, 2000.– 497 с.

23. Скочко Є.В. Різальні інструменти. - Житомир, ЖІТІ, 2000. – 208 с.

24. Швець С В. Металорізальні інструменти : навчальний посібник / С. В. Швець. – Суми : Сумський державний університет, 2019. – 272 с.

Методичне видання

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ
ДО ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНИХ РОБІТ
З НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
“ВИРОБНИЦТВО РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ”
для здобувачів за першим (бакалаврським) рівнем
вищої освіти денної та заочної форм навчання
спеціальностей
G9 «Прикладна механіка» та G11 «Машинобудування»

Укладачі:

Павло Миколайович Єрьомін
Олександр Володимирович Лисенко
Андрій Миколайович Кириченко

Кропивницький