

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Навчально-науковий механіко-машинобудівний інститут

Кафедра конструювання машин

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Юрій ДАНИЛЬЧЕНКО

«___» _____ 2023 р.

Дипломний проект

на здобуття ступеня бакалавра

з напрямку підготовки 131 «Прикладна механіка» _____

на тему: «Протяжка для обробки шліцевих отворів з прямобічним профілем»

Виконав: студент 4 курсу, групи МІ-91

_____ Коваль Назар Віталійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Керівник _____ к.т.н, доц., Адаменко Юрій Іванович

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище ім'я, по батькові)

(підпис)

Консультант _____

(назва розділу)

_____ (посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище ім'я, по батькові)

(підпис)

Рецензент _____

(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище ім'я, по батькові)

(підпис)

Засвідчую, що у цій дипломній роботі немає
запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент _____

(підпис)

Київ – 2023 року

**Пояснювальна записка
до дипломного проєкту
на тему: «Протяжка для обробки шліцьових
отворів з прямобічним профілем»**

Київ – 2023 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Навчально-науковий механіко-машинобудівний інститут
Кафедра конструювання машин

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 131 “Прикладна механіка”

Освітньо-професійна програма «Інструментальні системи інженерного дизайну»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Юрій ДАНИЛЬЧЕНКО

«___» _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ
на дипломний проєкт студенту
Коваль Назар Віталійович

1. Тема проєкту «Протяжка для обробки шліцевих отворів з прямобічним профілем», керівник проєкту Адаменко Юрій Іванович, доцент, затверджені наказом по університету від «___» _____ № _____
2. Термін подання студентом проєкту: 13.06.23 р.
3. Вихідні дані до проєкту: Обробка шліцьового отвору D-6×28×34H8×7D9 в деталі шків клонопасової передачі. Діаметр шківa 290 мм, ширина 50 мм, матеріал – конструкційна легована сталь 50X ГОСТ 4543. Серійність виробництва: виробництво серійне.
4. Зміст пояснювальної записки
 - 4.1. Аналіз методів обробки шліцьових отворів.
 - 4.2. Проектування та розрахунок протяжки шліцьової.
 - 4.3. Технологічне забезпечення виготовлення інструменту.

4.4. Розробка пристосування для контролю.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо): Аналіз конструкцій інструментів для обробки шліцевих отворів та їх класифікація. Кресленик протяжки. Графічне представлення операцій технологічного процесу. Схема заточки протяжки. Кресленик калібра для контролю отвору. Кресленик пристосування для контролю. Презентація результатів дипломного проекту.

6. Дата видачі завдання: 13.02.23 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
	Аналіз технологічних процесів обробки шліцевих отворів.	25.05.23 р.	
	Аналіз конструктивних елементів шліцевих протяжок.	29.05.23 р.	
	Розробка конструкції шліцевої протяжки	31.05.23 р.	
	Розробка технологічного забезпечення виготовлення протяжки.	05.06.23 р.	
	Розробка технологічного пристосування.	10.06.23 р.	
	Оформлення проекту і підготовка до захисту.	13.06.23 р.	

Студент

Назар КОВАЛЬ

Керівник

Юрій АДАМЕНКО

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1. АНАЛІЗ ВИХІДНИХ ДАНИХ	9
1.1. Аналіз оброблюваної деталі	9
1.2. Аналіз технологічних процесів обробки шліцьових отворів	12
1.3. Аналіз конструктивних елементів шліцьових протяжок	18
2. ПРОЕКТУВАННЯ ТА РОЗРАХУНОК ШЛІЦЬОВОЇ ПРОТЯЖКИ	25
2.1. Вибір схеми різання протяжки	25
2.2. Розрахунок протяжки	28
2.2.1. Характеристика деталі	28
2.2.2. Вибір матеріалу протяжки.....	28
2.2.3. Вибір типу хвостовика і його розмірів	28
2.2.4. Вибір розмірів та профілю стружкових канавок	29
2.2.5. Вибір геометричних параметрів протяжки	31
2.2.6. Визначення підйомів на зубець	33
2.3 Вибір верстата	35
2.3.1. Розрахунок сил різання при протягуванні	35
2.3.2. Вибір моделі верстата	37
2.3.3. Визначення швидкості різання	38
2.3.4. Перевірка протяжки на міцність	39
2.3.5. Визначення величини припуску на круглі зубці	40
2.3.6. Розрахунок кількості зубців.....	41
2.3.7. Визначення параметрів викружок	42
2.3.8. Розрахунок довжини круглої частини протяжки	43
2.4. Розрахунок фаскової частини протяжки	44
2.4.1. Визначення припуску на фаскові зубці	44
2.4.2. Розрахунок кількості зубців у фасковій частині	44
2.4.3. Визначення параметрів викружок	45
2.4.4. Розрахунок довжини фаскової частини протяжки	46

2.5. Розрахунок шліцьової частини протяжки.....	46
2.5.1. Припуск на шліцьові зубці	46
3. ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ШЛІЦЬОВОЇ ПРОТЯЖКИ	48
3.1. Вибір заготовки	48
3.1.1. Оброблення заготовки	48
3.1.2. Токарне оброблення	49
3.1.3. Фрезерування	51
3.1.4. Термічна обробка	51
3.1.5. Шліфування	52
3.1.6. Маркування та консервація	53
3.2. Режими різання	54
3.2.1. Точіння	54
3.2.2. Фрезерування	59
3.2.3. Шліфування	62
3.3. Визначення допустимого діаметру заточувального круга	65
4. ПРОЕКТУВАННЯ ЗАСОБІВ КОНТРОЛЮ	68
4.1. Розробка шліцьового калібра.....	68
4.2. Пристосування контролю передніх кутів протяжки	73
Список використаних джерел	75
Додатки.....	77

АНОТАЦІЯ

Предметом даного дипломного проекту є розробка протяжки для обробки шліцьових отворів з прямобічним профілем. У даній роботі розглянуті технологічні процесів обробки шліцьових отворів та конструктивні елементи протяжок. Розроблено конструкцію шліцьової протяжки. Розроблено технологічний процес виготовлення протяжки, виконані розрахунки технологічних параметрів, зокрема діаметр шліфувального круга для заточування протяжки. Розроблено пристосування для контролю протяжки та калібр-пробка для контролю шліцьового отвору деталі.

Ключові слова: протяжка, шліцьовий отвір, прямобічний профіль, виготовлення, параметри виготовлення.

ANNOTATION

The subject of this diploma project is the development of a broach for processing slotted holes with a straight profile. In this work, the technological processes of processing slotted holes and structural elements of the broaches are considered. The design of the slotted broaching has been developed. The technological process of making a broach was developed, calculations of technological parameters were performed, in particular the diameter of the grinding wheel for sharpening the broach. A device for controlling the broaching and a plug gauge for controlling the splined hole of the part have been developed.

Key words: broaching, slotted hole, straight profile, manufacturing, manufacturing parameters.

ВСТУП

Шліцьові отвори з прямобічним профілем є важливою складовою багатьох інженерних та конструкційних рішень. Ці отвори можуть використовуватись в таких галузях, наприклад, машинобудування, автомобілебудування та інші.

Ця тема є актуальною, вона може стосуватися різних процесів або методів протяжки, наприклад, використання спеціальних інструментів, це дозволяє виконувати обробку шліцьових отворів з прямобічним профілем з високою точністю і ефективністю.

Мета даного дипломного проекту полягає у розробці протяжки для обробки шліцевих отворів з прямобічним профілем та технологічного забезпечення її виготовлення. Протяжка є спеціальним інструментом, який використовується для обробки шліцьових отворів з певними розмірами та геометрією в металевих деталях. Вона дозволяє забезпечити високу точність та повторюваність процесу обробки, що має велике значення для виробництва прецизійних механізмів та інструментів.

У рамках цього дипломного проекту будуть розглянуті основні аспекти проектування та виготовлення протяжок для обробки шліцевих отворів з прямобічним профілем.

Дана робота виконана на основі теоретичного дослідження стандартів, літературних джерел, патентів. Виконаний проект дозволяє вибрати матеріал різальної частини, виконати обробку заданої поверхні деталі – шліцьового отвору з прямобічним профілем D-6×28H8×34×7D9 у деталі – шків клинопасової передачі.

1. АНАЛІЗ ВИХІДНИХ ДАНИХ

1.1. Аналіз оброблюваної деталі

Шків використовують у пасових передачах, які застосовують у приводах для передачі руху від електродвигуна або двигуна внутрішнього згорання, коли з конструктивних міркувань міжосьова відстань повинна бути достатньо великою, а передатне відношення може бути не суворо постійним (приводи металорізальних верстатів, конвеєрів, транспортних, дорожніх, будівельних та сільськогосподарських машин та ін.) [1].

Шків ремінних передач виготовляють найчастіше литими з чавуну. Для зниження інерційних навантажень шків високошвидкісних передач виготовляють із легких сплавів або сталей. При діаметрі $D \leq 300$ мм шків виконують з дисками без спиць, шків великих діаметрів – з 4...6 спицями.

Крутний момент від вала до шків передається переважно за допомогою шпонкового з'єднання, а в деяких випадках шліцьового з'єднання з прямобічним профілем.

Шліцьове (зубчасте) з'єднання — з'єднання вала (охоплюваної поверхні) та отвору маточини деталі (охоплюючої поверхні) за допомогою паралельних до осі вала (отвору) шліців (зубів) і западин (пазів) рівномірно розміщених на їх циліндричних поверхнях.

За стандартом ГОСТ 1139 передбачено з'єднання трьох серій: легкої, середньої, важкої. З переходом від легкої до важкої серії при тому ж діаметрі d зростає діаметр D , кількість зубців z , а значить і крутний момент, який може передавати з'єднання.

Основні переваги шліцьових з'єднань над шпонковими:

- більша навантажувальна здатність у порівнянні зі шпонковим з'єднанням при тих же параметрах з'єднання;
- вища точність центрування вала і отвору;
- можливість осьового зміщення та краще напрямлення деталей при переміщенні їх уздовж вала [1].

До недоліків слід віднести:

- складність виготовлення шліцьових валів;
- вища вартість виробів.

Шліцьові з'єднання з прямобічним профілем виготовляються із центруванням за зовнішнім діаметром D , за внутрішнім діаметром d і за бічними гранями зубців b [2], (рис. 1.1).

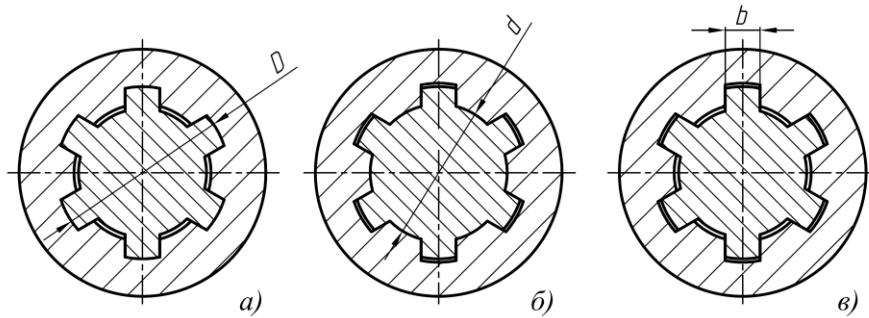


Рисунок 1.1 – Способи центрування шліцьових з'єднань:
а) по зовнішньому діаметру D ; б) по внутрішньому діаметру d ;
в) по ширині шліца b

Центрування за D рекомендується у разі підвищених вимог до співвісності елементів з'єднання, коли твердість втулки є не дуже висока ($HB < 350$) і допускає обробку чистовою протяжкою, а вал обробляється фрезеруванням і шліфується за зовнішнім діаметром D . Такий спосіб центрування є найбільш економічним і застосовується у нерухомих і рухомих з'єднаннях.

Центрування за d застосовують, коли твердість втулки після термічної обробки є досить високою ($HB > 350$) і її неможливо обробити протяжкою (тоді втулку шліфують за діаметром d на внутрішньошліфувальному верстаті), а також для довгих валів, коли виникає небезпека їх скривлення після термообробки (вали остаточно обробляють за діаметром d на шліце-шліфувальних верстатах). Спосіб забезпечує високу точність центрування, але є достатньо витратним, його застосовують переважно для рухомих (в осьовому напрямку) з'єднань.

Центрування за b застосовують у разі великих знакозмінних (реверсивних) і ударних навантажень за відсутності радіальних навантажень, коли точність

центрування не має вирішального значення. Центрування за бічними гранями зубців – більш рівномірний розподіл навантаження на зубці.

Завданням дипломного проекту є обробка шліцьового отвору з прямобічним профілем D-6×28H8×34×7D9 у шківі пасової передачі. Ескіз шківів наведено на рис.1.2.

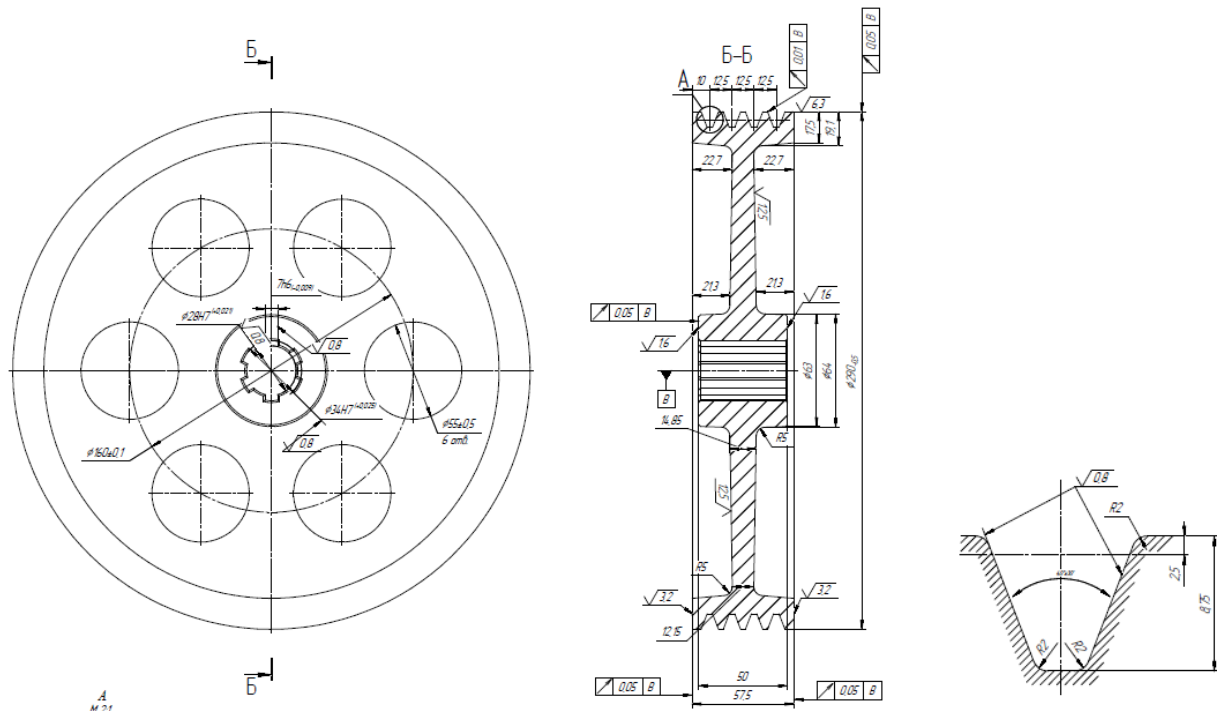


Рисунок 1.2 – Ескіз шківів клинопасової передачі

Шків виготовлено з конструкційної легированої сталі 50Х за ГОСТ 4543.

Хімічний склад сталі 50Х наведено у табл. 1.1. Фізико-механічні властивості для поковок діаметром понад 100 до 300 мм з сталі 50Х за ГОСТ 8479 наведено у табл.1.2.

Таблица 1.1 – Хімічний склад у % сталі 50Х за ГОСТ 4543

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu
0.46 - 0.54	0.17 - 0.37	0.5 - 0.8	до 0.3	до 0.035	до 0.035	0.8 - 1.1	до 0.3

Таблиця 1.2 – Фізико-механічні властивості поковок з сталі 50X за ГОСТ 8479

Границя течучості, $\sigma_{1,2}$	Тимчасовий опір, σ_B	Відносне подовження, δ , %	Відносне звуження, ψ , %	Ударна в'язкість, КСУ, Дж/м ²	Твердість, НВ
345	590	17	40	54	174-217

1.2. Аналіз технологічних процесів обробки шліцьових отворів

Шліцьові отвори здебільшого визначають точність усієї деталі, бо вони є конструкторськими і технологічними базами [3]. Технологічний процес обробки шліцьового отвору включає попередню обробку отвору свердлінням з наступним збільшенням діаметра отвору розсвердлюванням, розточуванням чи зенкеруванням.

Найбільш поширеним методом обробки шліців в отворі деталі є протягування однією чи комплектом різальних протяжок. Обробка виконується переважно протяжками з швидкорізальної сталі на вертикальних чи горизонтальних верстатах.

Для збільшення стійкості протяжок і підвищення якості обробленої поверхні під час обробки незміцнених втулок використовують конструкції різально-деформуючих протяжок [3]. Особливістю таких протяжок є їх збірна конструкція. Крім різальних зубів на протяжці є конусоподібні циліндричні і спеціальні шліцьові деформуючі елементи. Під час обробки матеріалів з високою пластичністю деформуючі елементи виготовляють з твердого сплаву, а різальні зуби з швидкорізальної сталі. Деформуючі елементи забезпечують зміцнення поверхневого шару по всьому периметру оброблюваного отвору, що створює сприятливі умови для зрізання різальними зубами, зниження шорсткості поверхні і зменшення осьових сил різання.

Під час обробки шліцьових отворів в умовах одиничного виробництва, а також отворів великих розмірів застосовують метод довбання фасонним різцем на довбальних верстатах методом ділення з періодичним поворотом заготовки на один кутовий крок. В умовах крупносерійного та масового виробництва під час виготовлення шліцьового отвору у втулках з уступом, коли протяжкою

обробити деталь неможливо, використовують високопродуктивні методи, зокрема зубодовбання на зубодовбальному верстаті за методом обкатки. Інструментом у цьому випадку є спеціальний шліцьовий довбач для обробки прямобічного шліцьового отвору.

Обробку шліцьових отворів великого діаметра виконують переважно методом довбання або протягування шпонковою протяжкою, закріпленою на планшайбі протяжного верстата у ділильному пристосуванні. Ділення на потрібне число зубів під час протягування здійснюється шляхом повороту ділильного диска. Для підвищення точності великогабаритних деталей спочатку основну частину припуску знімають шпонковими протяжками, а остаточно шліци формують шліцьовою протяжкою.

Для надання матеріалу деталі високих механічних характеристик (твердості, міцності) виконують термічну обробку, що включає загартування та відпуск. В результаті температурної об'ємної деформації металу шліцьові отвори втрачають свої початкові розміри і форму, а на поверхні з'являється дефектний шар матеріалу, який бажано видалити.

Для остаточної чистової обробки шліцьових отворів після термічної обробки деталей застосовують протягування, дорнування, електрохімічне калібрування і шліфування [3]. Протяжки виготовляють з дрібнозернистих твердих сплавів марок ВК6М, ВК10М, а також швидкорізальних сталей Р9К5 і Р14Ф3 і застосовують, коли твердість заготовки не перевищує HRC 45. Протяжки знімають припуск різанням і тому забезпечують високу точність розмірів і форми. Рекомендований припуск під протягування 0,1-0,2 мм, швидкість протягування 2-3 м/хв. Параметр шорсткості поверхні западин під час обробки твердосплавними протяжками $Ra=0,63 \dots 1,25$ мкм і $Ra=1,25 \dots 2,5$ мкм при обробці протяжками з швидкорізальної сталі.

Під час дорнування дорн фасонної форми прошовують на пресі через шліцьовий отвір з натягом (0,1-0,3 мм) як по зовнішньому отвору, так і по бічних поверхнях западин. В результаті шліцьовий отвір за рахунок пластичної

деформації збільшується по зовнішньому діаметру і ширині шліца та одночасно зміцнюється поверхневий шар матеріалу та підвищується його твердість. Тобто дорнування забезпечує отримання заданих розмірів, виправлення геометричної форми профілю та покращує якість обробленої поверхні.

Деякі конструкції дорнів наведено на рис. 1.3. Дорн (рис. 1.3.,а) складається з набору кілець з сталі Р18 та калібруючих бічних сторін цементованих зубів. Збірна конструкція дорна (рис. 1.3,б) складається зі сталюгого стрижня та твердосплавних кілець і призначена для калібрування зубів з центруванням по зовнішньому діаметру та ширині шліца. Дорн з роликами (рис. 1.3,в) призначений для калібрування отворів з центруванням по зовнішньому діаметру.

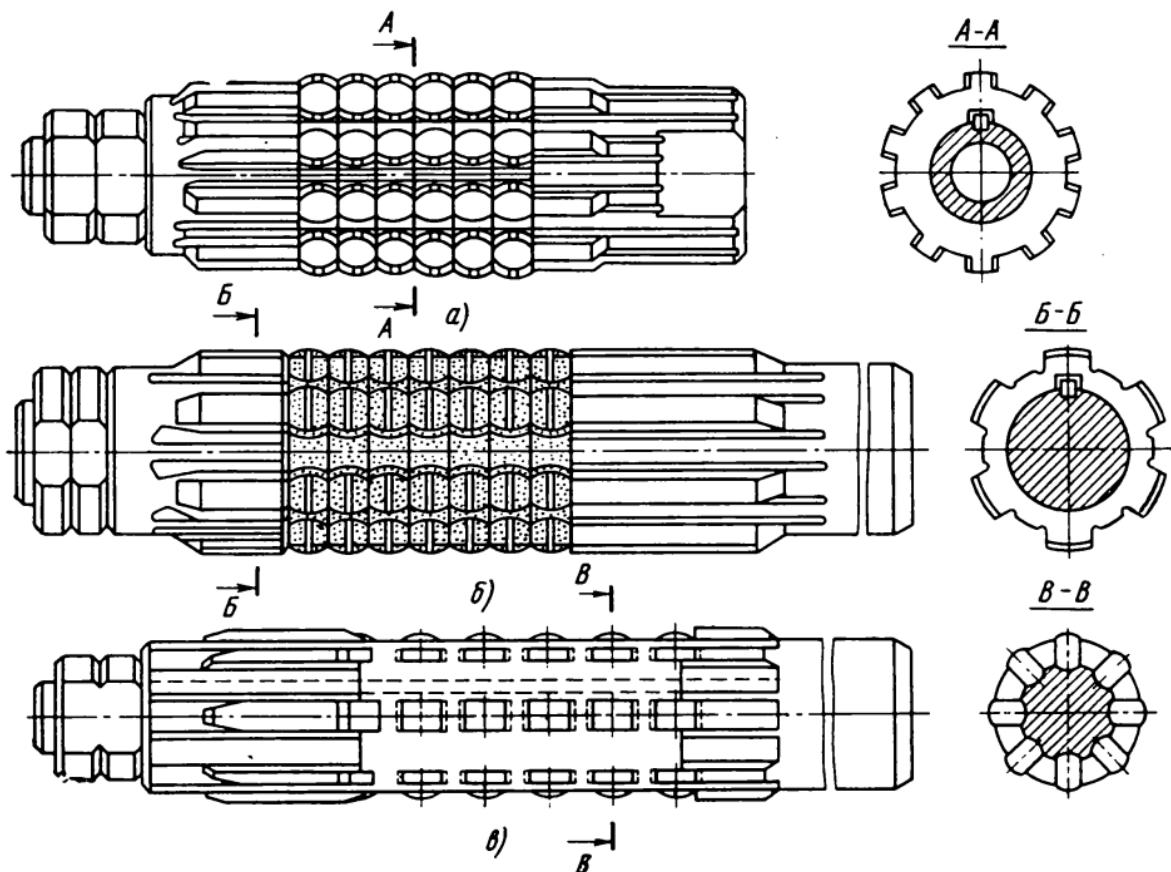


Рисунок 1.3 – Конструкції дорнів для обробки шліцевих отворів:
а) сталевий; б) збірної конструкції; в) з роликами

Електрохімічне калібрування ґрунтується на анодному розчиненні металу під час проходження постійного струму через 15-20% розчин хлористого натрію. У якості аноду слугує оброблювана деталь, а в якості катода – спеціальний інструмент з числом зубів, що дорівнює числу западин шліцьового отвору. Калібрування виконують з нерухомим чи рухомим електродом. Обробка рухомим електродом забезпечує більш високу точність. Електрохімічне калібрування особливо ефективно для тонкостінних деталей, бо під час обробки виникають зовсім малі зусилля.

Шліфування шліцьових отворів по зовнішньому діаметру виконують спеціальною головкою, яку встановлюють на плоскошліфувальних, шліцецьоліфувальних чи спеціальних верстатах. Шліфувальний круг малого розміру по чергові шліфує бічні і центральні поверхні западин. Ділення на кутовий крок зубів здійснюється ділильним механізмом. Головка надає можливість оброблювати окремо однієї чи одночасно протилежних поверхонь западин шліцьового отвору (рис.1.4,а).

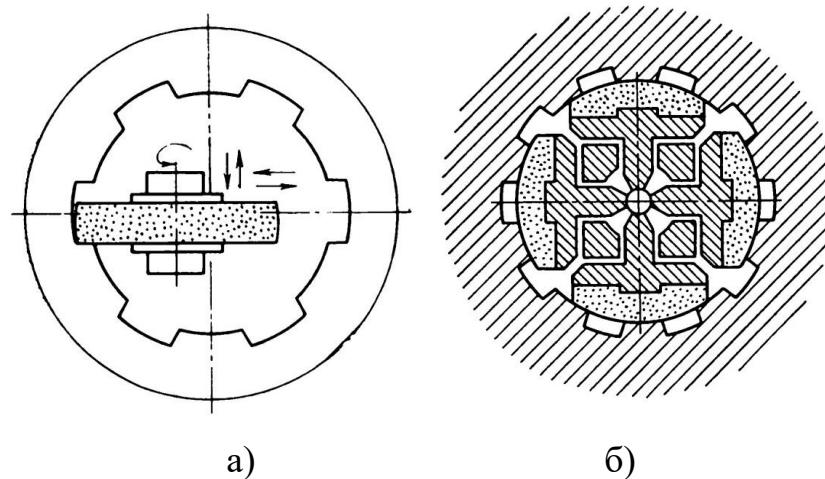


Рисунок 1.4 – Схеми шліфування шліцьових отворів:
а) по зовнішньому діаметру D шліфувальною головкою;
б) по внутрішньому діаметру d хоном

Для шліцьових отворів з центруванням по внутрішньому діаметру використовують шліфування по поверхні отвору шліфувальними головками чи хонами (рис.1.4,б). Оскільки поверхня отвору є переривчастою, то

використовують широку бруску хона, так щоб забезпечити перекривання сусідніх западин. Припуск на хонінгування складає 0,08-0,15 мм [3].

Для обробки отворів з centruванням по зовнішньому діаметру використовують також метод вібраційного алмазного хонінгування шліців (рис. 1.5). Метод полягає у тому, що виконаний у вигляді шліцьового вала хон вводять в отвір деталі, бруски хона розводять до контакту з деталлю і надають деталі зворотно-поступальний рух відносно хона. Ширина брусків B є меншою за ширину b западини деталі. Хону додатково надають кутові коливальні переміщення. Обробку ведуть алмазними брусками, ширина яких на 1-1,5 мм менша за ширину западини, а довжина в 2-2,5 рази перевищує довжину отвору.

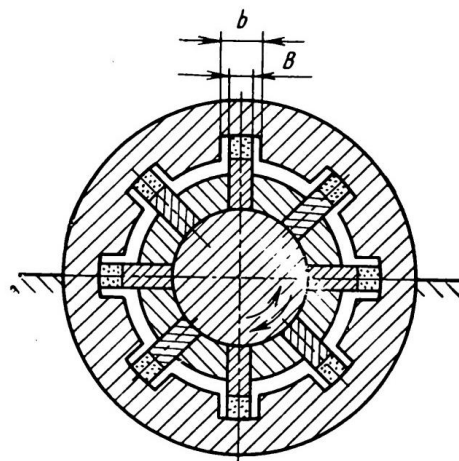


Рисунок 1.5 – Схема вібраційного алмазного хонінгування шліців

Таким чином, технологічний процес виготовлення шліцьового отвору можна розділити на ряд етапів та операцій:

- 1) попередня обробка отвору:
 - свердління;
- 2) збільшення діаметра отвору:
 - розсвердлювання;
 - розточування;
 - зенкерування;
- 3) обробка шліців:
 - зубодовбання фасонним різцем за методом ділення;

- зубодовбання спеціальним довбачем за методом обкатки;
 - протягування різальною протяжкою на горизонтальних чи вертикальних верстатах;
 - протягування різально-деформуючою протяжкою (при твердості матеріалу до HB 320)
 - протягування шпонковою протяжкою, закріпленою у ділильному пристосуванні на планшайбі верстата;
- 4) термічна обробка;
- 5) відновлення поверхонь:
- протягування;
 - дорнування;
 - електрохімічне калібрування;
 - шліфування;
 - хонінгування;
 - алмазне вібраційне хонінгування.

Під час виконання дипломного проекту у якості чорнового та чистового інструменту для обробки отвору вибрана шліцьова протяжка, оскільки такий вид обробки забезпечує високу точність виробу та стійкість інструмента.

1.3. Аналіз конструктивних елементів шліцьових протяжок

Розглянемо конструктивні елементи протяжок для обробки шліцьових отворів. Відома протяжка [4], у якої зубці виконані у шаховому порядку (рис. 1.6). Ланки 1 розташовані секціями: секція складається з двох ланок. Кожна ланка має по три шліцьових зубці 2 і повернута навколо осі протяжки відносно суміжних ланок таким чином, щоб зубці протяжки розташовувались у шаховому порядку. Стружка, що утворюється в процесі різання розміщується в подовженій западині 3. Зачисні зубці 4 призначені для видалення припуску по бокових поверхнях шліців. Розташування зубців у шаховому порядку дає можливість зменшити довжину різальної частини протяжки і збільшити кількість зубців, що

працюють одночасно. Це дає економію високолегованої швидкорізальної сталі та підвищує ритмічність під час роботи, що забезпечує високу якість обробленої поверхні. До недоліків протяжки варто віднести ускладнення конструкції, особливо під час переточування інструменту.

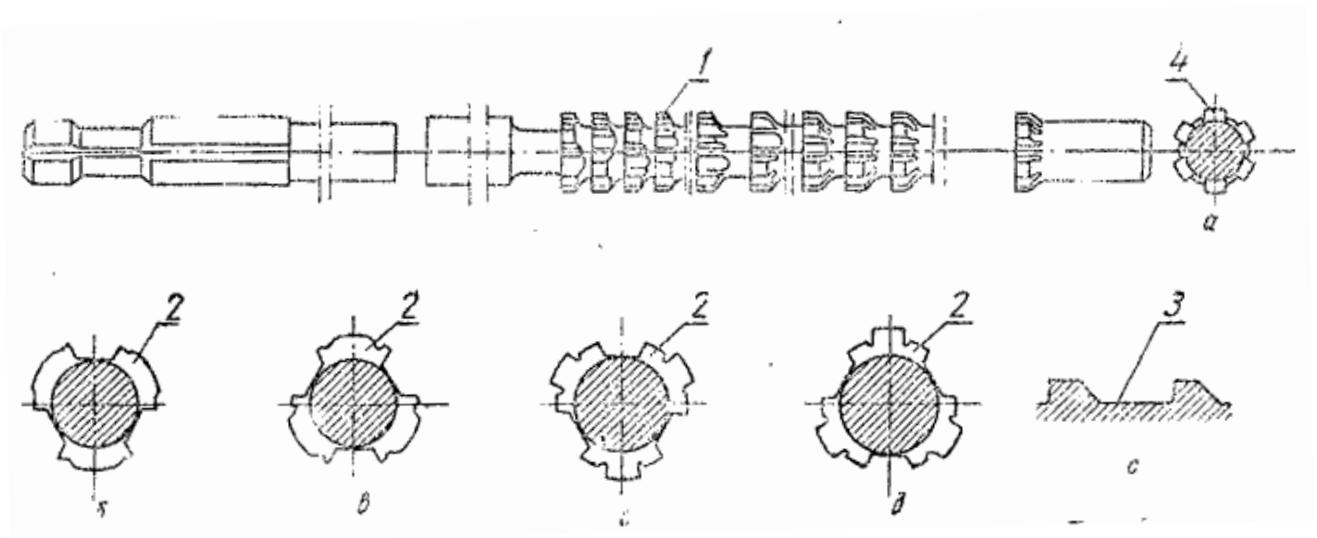


Рисунок 1.7 – Шліцьова протяжка прогресивного різання [4].

Шліцьова протяжка [5], (рис.1.8) має шліцьові зубці 1, за якими встановлені циліндричні калібрувальні зубці 2. Зубці 2 розташовані між шліцьовими напрямними 3. При цьому ширина шліців у напрямних прийнята меншою за ширину шліцьових зубців. Крок між зубцями вибирають таким, щоб в отворі одночасно знаходилось не менше двох напрямних зубців. Ця протяжка дозволяє центрувати отвори по готових зубцях.

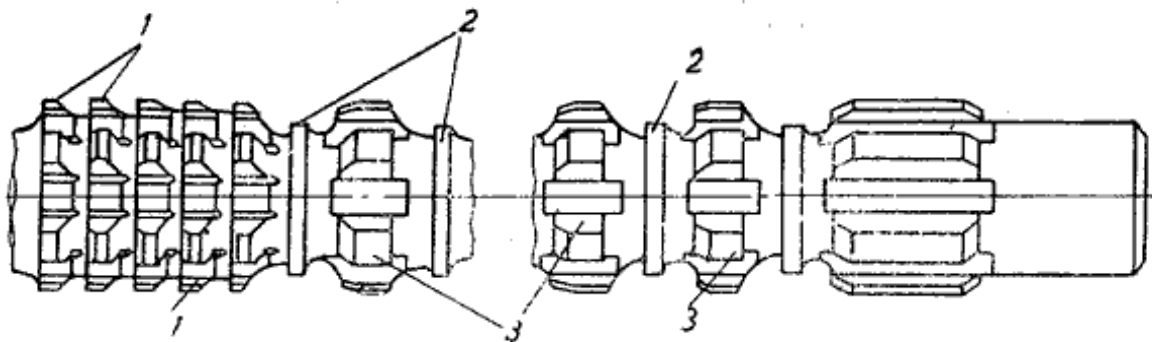


Рисунок 1.7 – Шліцьова протяжка [5]

Шліцьова протяжка [6] призначена для утворення шліців у глибоких отворах ($L \geq 25d$) малих діаметрів ($d = 3,5 - 5,0$ мм). Протяжка складається з переднього 1 і заднього 2 циліндричних хвостовиків для закріплення в цангових патронах, прямої частини 3, робочої частини 4 і напрямних поверхонь 5 і задньої прямої частини 6 (рис. 1.8). Різальні зуби розташовані на гвинтовій лінії і працюють наступним чином. Перший зуб зрізає шар матеріалу з першого пазу, другий зуб, виконаний із зсувом на крок S_1 вздовж осі і поворотом на 120° , зрізає метал з другого пазу, третій виконаний із зсувом на S_1 вздовж осі і поворотом на 240° відносно першого зуба, і зрізає шар металу з третього пазу, четвертий зуб розташований так же як і перший. Далі розташування зубців виконано аналогічно.

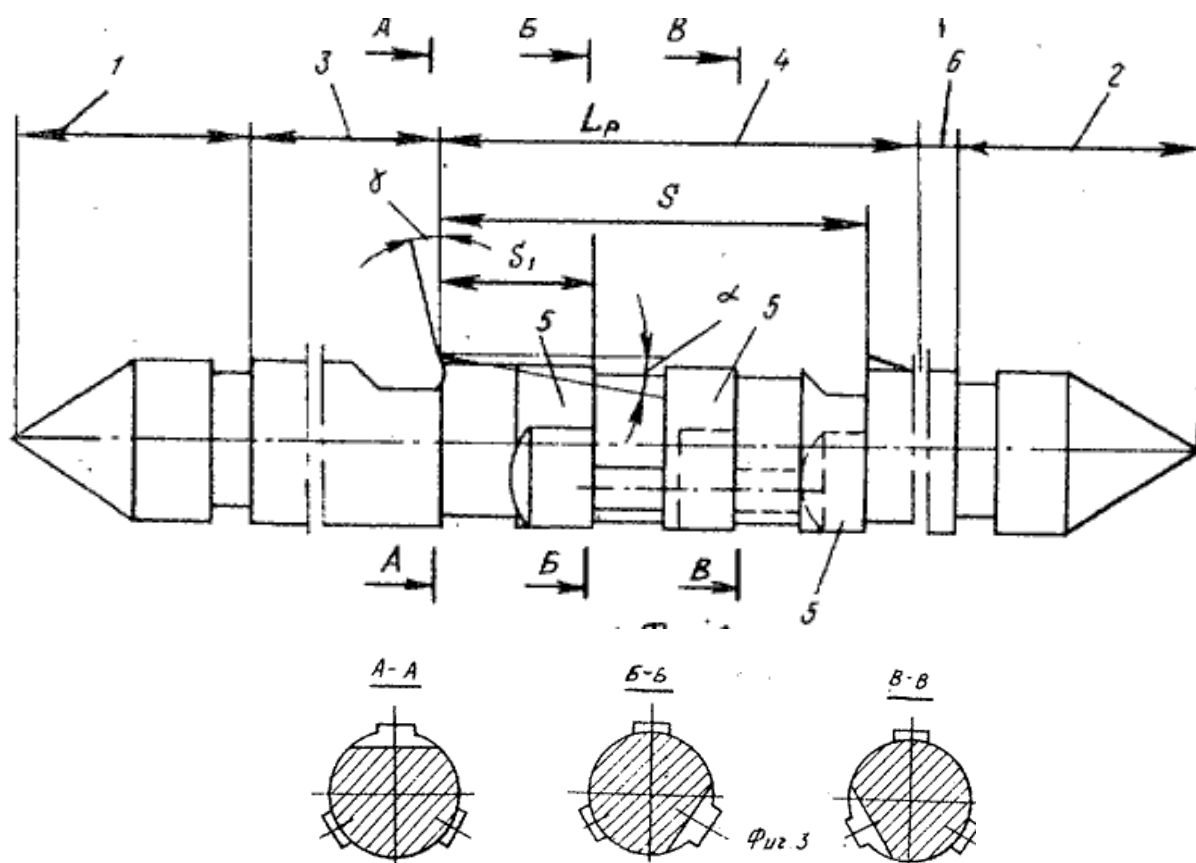


Рисунок 1.8 – Протяжка шліцьова [6]

Шліцьова протяжка [7] призначена для підвищення продуктивності обробки шляхом зменшення кількості зубів на робочій частині протяжки. Протяжка складається з корпусу 1, на якому виконаний ряд секцій з різальними зубцями 3-5 і зачисним чистовим зубом 6 (рис.1.9). Різальні зубці 3-5 виконані з підйомом відносно кожного попереднього. На різальних зубцях 3-5 секції виконані на одному діаметрі D_1 . У стружкоріздільних канавок 8-10 глибина збільшується у кожного зуба.

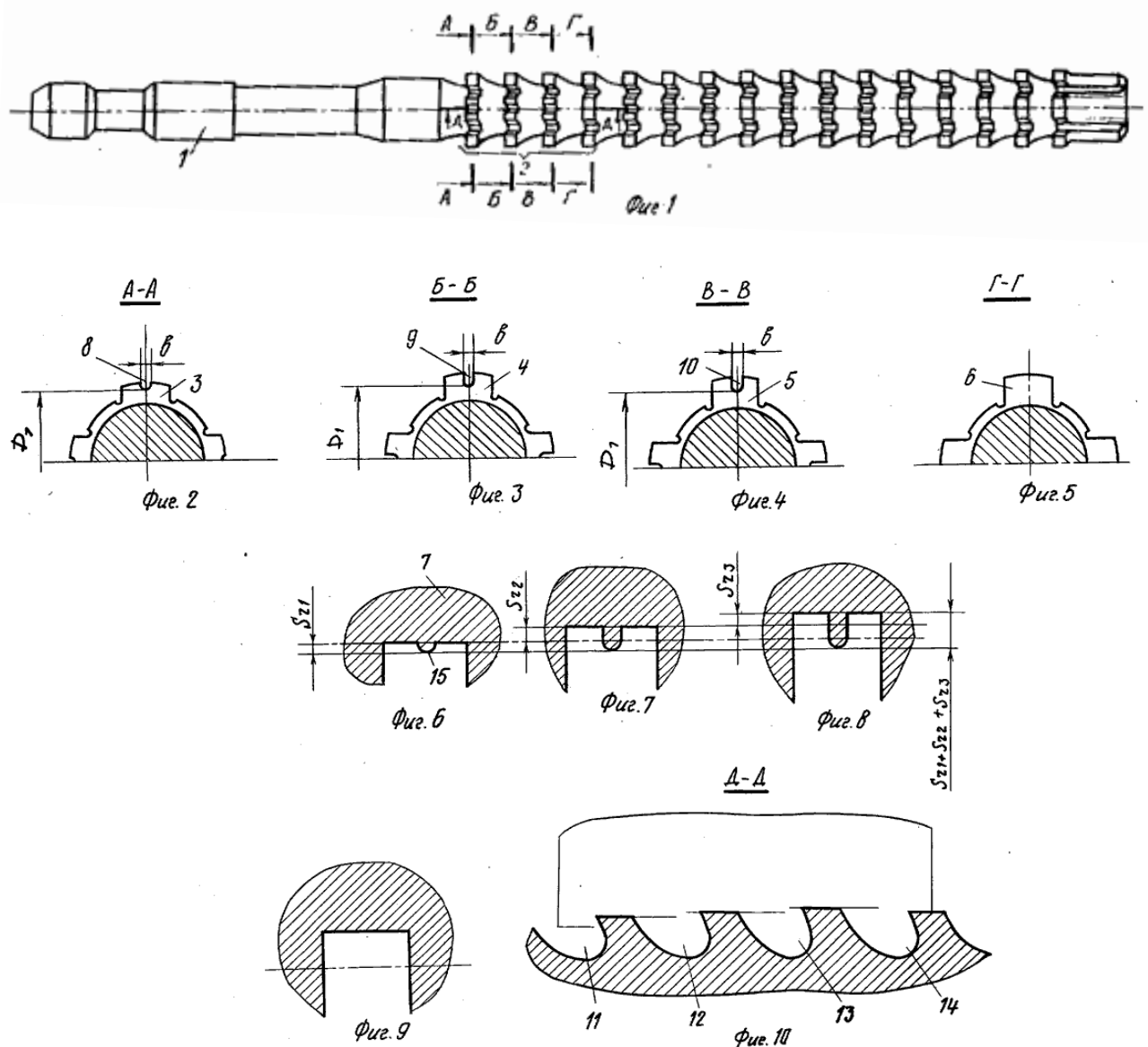


Рисунок 1.9 – Протяжка шліцьова [7]

Перший зубець 3 знімає припуск у вигляді двох смужок, розділених стружкороздільною канавкою 8, а на деталі утворюється ребро 15 висотою S_{z1} . Наступний різальний зубець 4 знімає припуск у вигляді двох смужок, розділених стружкороздільною канавкою 9, а на деталі утворюється ребро 15 висотою $S_{z1} + S_{z2}$. Наступний різальний зубець 5 знімає припуск у вигляді двох смужок, розділених стружкороздільною канавкою 10, а на деталі утворюється ребро 15 висотою $S_{z1} + S_{z2} + S_{z3}$. І нарешті зачисний зубець 6 знімає ребро 15 і остаточно формує западину шліцьового отвору.

Особливістю шліцьової протяжки, представленої на рис. 1.10 є наявність га калібрувальних зубців стружкороздільних канавок [8]. Канавки виконані у шаховому порядку і призначені для зниження зусиль різання і поліпшення умов стружкоутворення за рахунок розділення стружки по ширині. Це дає можливість підвищити швидкість різання, а відповідно і продуктивність обробки деталей.

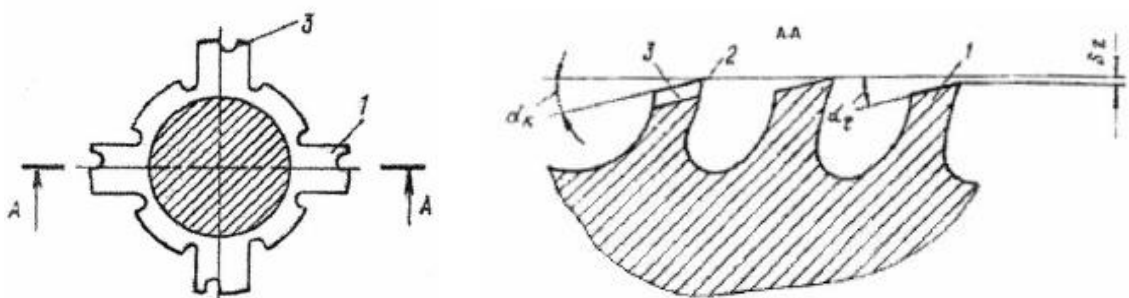


Рисунок 1.10 – Протяжка для швидкісної обробки [8]

Збірна протяжка [9] для обробки отворів містить корпус 1 з хвостовиком 2, напрямну частину 3 і різальну частину 4, яка складається з основи зуба 5 та різального елемента 6. Різальний елемент 6 вкладається в основу зуба 5 і насаджується на корпус 1 до упору, яким є напрямний елемент 3. Після встановлення елементів вони механічно підтискаються гайкою 7 до упору для надійного з'єднання.

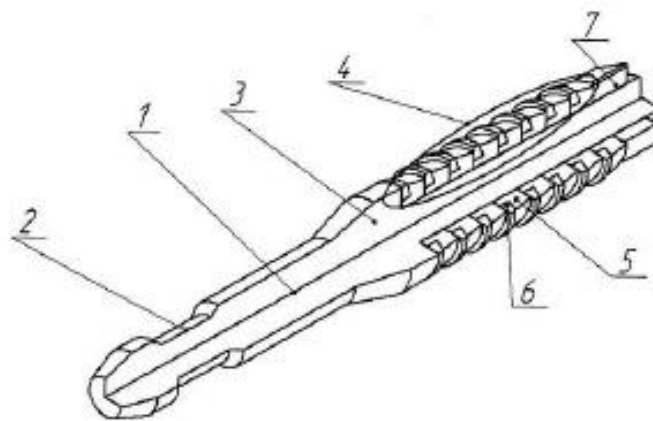


Рисунок 1.11 – Збірна протяжка [9]

Відома збірна конструкція протяжки з вклеєними виглажувальними елементами [10]. Інструмент виконано у вигляді ступінчастої оправки з закріпленими на ній деформуючими кільцями і прямою втулкою (рис. 1.12). Деформуючі елементи з твердого сплаву розміщують у пазах корпусу та склеюють клеєм. Застосування клеєних протяжок забезпечує зниження витрат твердого сплаву у 1,5-2,0 рази порівняно з цільною конструкцією деформуючих кілець. Відомі також конструкції прошивок з вклеєними робочими елементами з швидкорізальної сталі. Робочі елементи (різальні та напрямні) вклеюють у П-подібні пази корпусу прошивки з конструкційної сталі. Клеєні конструкції інструментів дозволяють багаторазове використання корпусу (до 7-10 разів). Економія швидкорізальної сталі складає 90-95%.

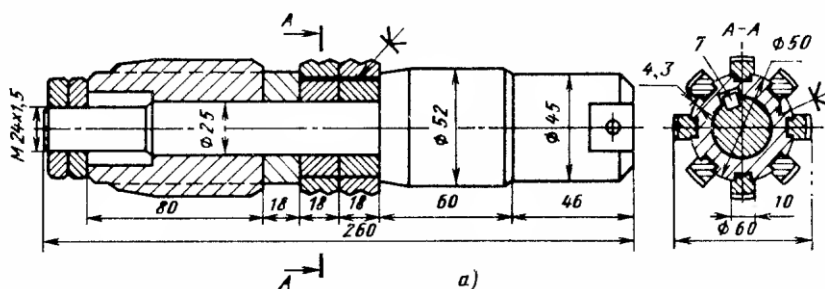


Рисунок 1.12 Шліцьова протяжка з вклеєними робочими елементами з твердого сплаву

Стандартні протяжки для обробки шліцевих отворів з центруванням D можуть бути виконані як однопрохідні та двопрохідні. Однопрохідні [11], рис. 1.13 працюють за схемою різання Ф-К-Ш (фаскові, круглі і шліцеві зубці). Двопрохідні [12], рис. 1.14 працюють за схемою різання Шб-Шд – шліцеві калібрувальні по ширині і шліцеві калібрувальні по діаметру).

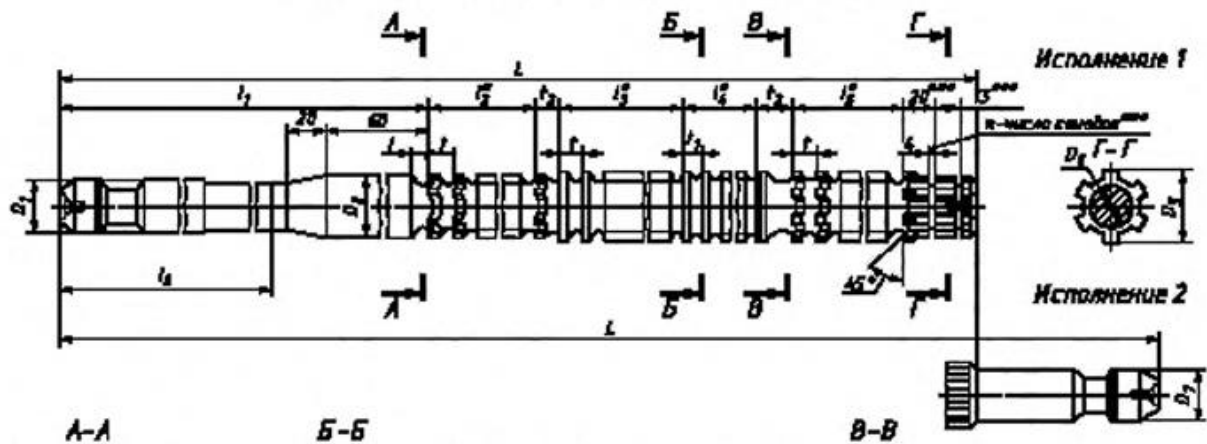
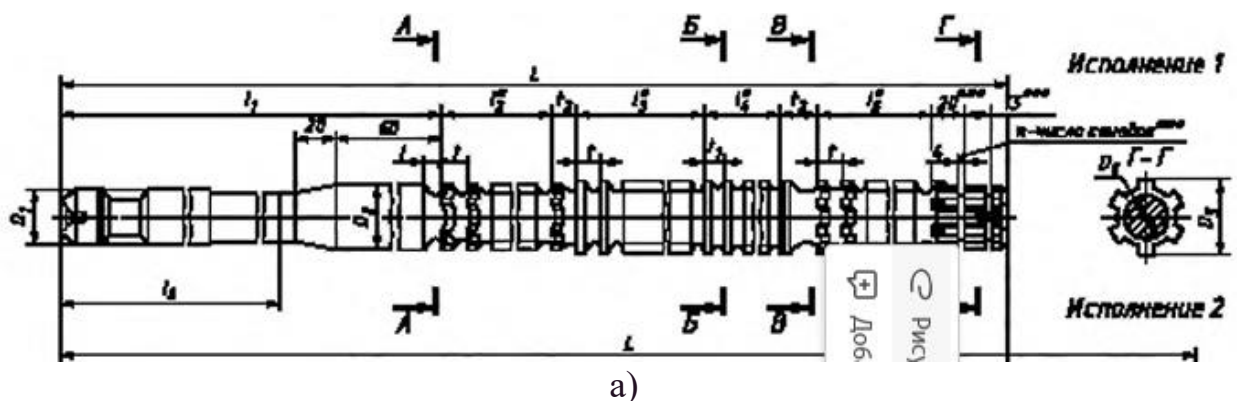
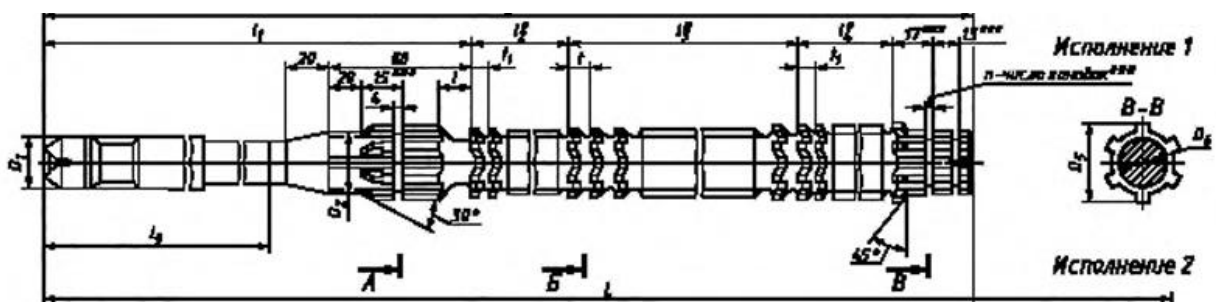


Рисунок 1.13 Шліцева протяжка однопрохідна за ГОСТ 24818-81



а)



б)

Рисунок 1.13 Шліцева протяжка однопрохідна за ГОСТ 24819-81:

а) Протяжка першого проходу (схема Ф-К-Ш);

б) Протяжки другого проходу (схема різання Шб-Шд)

За конструктивними елементами шліцьові протяжки можна класифікувати за рядом ознак:

1. За способом центрування:
 - 1.1. По зовнішньому діаметру.
 - 1.2. По внутрішньому діаметру.
 - 1.3. По ширині шліца.
2. За кількістю проходів:
 - 2.1. Однозахідні.
 - 2.2. Двохзахідні.
3. За конструкцією:
 - 3.1. Цільні.
 - 3.2. Складені (зварювання, паяння, склеювання)
 - 3.3. Збірні.
4. За місцем прикладання зусилля:
 - 4.1. Протяжки.
 - 4.2. Прошивки.
5. За кількістю хвостовиків:
 - 5.1. З одним (переднім) хвостовиком.
 - 5.2. З двома (переднім і заднім) хвостовиками.
6. За матеріалом різальної частини:
 - 6.1. Стальні (леговані та швидкорізальні сталі).
 - 6.2. Твердосплавні.
7. За схемою зрізання припуску:
 - 7.1. Одинарна схема.
 - 7.2. Групова схема.
8. За схемою розділення припуску:
 - 8.1. Стружкороздільними канавками.
 - 8.2. Зміною форми зуба.

Для подальшої розробки протяжки обрана конструкція за ГОСТ 24818 як така, що відзначається достатньою точністю, продуктивністю та стійкістю.

2. ПРОЕКТУВАННЯ ТА РОЗРАХУНОК ШЛІЦЬОВОЇ ПРОТЯЖКИ

2.1. Вибір схеми різання протяжки

Протяжка – це багатолезовий інструмент з рядом послідовно виступаючих одне над одним лез у напрямку, перпендикулярному напрямку швидкості головного руху, призначений для обробки при поступальному або обертальному головному русі леза і відсутності руху подачі.

Протяжки для обробки шліцьових отворів мають прямолінійний рівномірний головний рух різання, який збігається з віссю інструмента. Кожний різальний зуб зрізує шар металу товщиною S_z , а в цілому всі різальні зубці – сумарний шар, який є припуском на обробку [13].

При протягуванні, внаслідок скорочення основного і допоміжного часу, поєднання операцій чорнового і фінішного оброблення досягається висока продуктивність формоутворення. Стійкість протяжок дозволяє працювати декілька змін без періодичної наладки верстата і інструменту. При обробленні деталей протяжками досягається висока точність розмірів і геометричної форми, а також низька шорсткість поверхні порівняна із шліфуванням. Тому протягування широко застосовують в багатьох галузях машинобудування для фінішного оброблення поверхонь [13].

У комбінованому методі формування шліцьового отвору внутрішня поверхня отвору та шліці утворюються одночасно. Вона має елементи, які включають круглі, фаскові та шліцьові зубці, що утворюють круглі, фаскові та шліцьові складові отвору. Комбінована технологія забезпечує високу продуктивність і поліпшену якість обробки.

Шліці шліцьового отвору можуть мати два варіанти: вони можуть бути без фаски (рис. 2.1,а), або мати прямолінійну фаску (рис. 2.1,б). Наявність або відсутність фаски має вплив на загальну конструкцію протяжки та схему розташування її зубців.

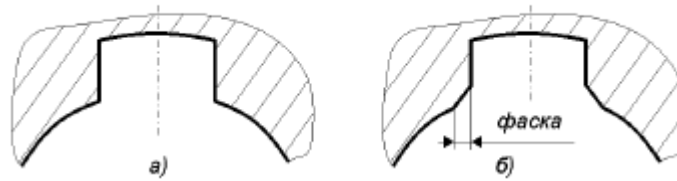


Рисунок 2.1. – Фаска шліца [13]

Круглі зубці К (рис. 2.2) мають круглу форму та використовуються для обробки поверхонь внутрішнього діаметра шліцевого отвору.

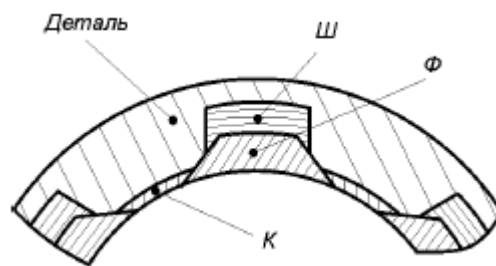


Рисунок 2.2. – Фаскові, шліцеві та круглі зубці шліцевою протяжки [13]

Шліцеві зубці Ш обробляють бокові сторони шліцевого пазу та зовнішньої поверхні (зовнішнього діаметра) шліцевого отвору. Вони формують шліц, прорізаючи його у заготовці. Фаскові зубці Ф утворюють фаски на кутах між боковою поверхнею шліца та поверхнею внутрішнього отвору [13].

Кожен згаданий тип зубців поділяють на відповідні групи: фаскові, круглі та шліцеві. Відповідно, протяжка має фаскову, круглу та шліцеву частини. Фаскові зубці не розділяються на такі категорії, оскільки вони не мають великих вимог до поверхні фаски. Зубці у круглій та шліцевій груп поділяються на чорнові та чистові.

Послідовність розташування шліцевих, круглих та фаскових зубців комбінованої шліцевої протяжки впливає на її довжину, технологічність та експлуатаційні характеристики. У теперішній час прийняті три основні схеми послідовного розташування груп зубців:

К-Ш-Ф – спочатку розташовані круглі зубці, потім шліцеві і фаскові;

Ф-Ш-К – спочатку розташовані фаскові зубці, потім шліцьові і круглі;

Ф-К-Ш – спочатку працюють фаскові зубці, потім круглі і шліцьові [13].

Схему К-Ш-Ф застосувати при довжині отвору до 25...30 мм, а також при протягуванні деталей пакетом загальною товщиною (довжиною протягування) до 30 мм. Протяжки схеми К-Ш-Ф мають досить велику довжину. Це викликано тим, що круглі зубці, які працюють першими зрізують кільцевий припуск по всьому контуру внутрішнього діаметра шліцьового отвору і тому потрібна їх велика кількість [13].

Схему Ф-Ш-К застосувати при довжині оброблюваного отвору більше ніж 25...30 мм. Це обумовлено тим, що при обробці коротших деталей виникає загроза перекосу деталі в момент її переходу зі шліфованої частини протяжки на круглу циліндричну. Протяжки схеми Ф-Ш-К мають меншу довжину, ніж протяжки за схемою К-Ш-Ф. Це обумовлено тим, що фаскові зубці, які починають працювати першими по контуру отвору на окремих сегментах. Тоді круглі зубці, розташовані в кінці протяжки, зрізують не кільцевий припуск, а вже поділений на окремі елементи [13].

Схема Ф-К-Ш має найбільше поширення. Це пояснюється наступним. Спочатку фаскові зубці зрізують короткі та товсті стружки, прорізаючи у отворі поздовжні канавки. Потім починають працювати круглі зубці, які обробляють круглий відвір у якому вже є пізні канавки (сліди роботи фаскових зубців). Тому круглі зубці теж зрізують короткі та товсті стружки. І нарешті шліцьові зубці тільки поглиблюють канавки прорізані фасковими зубцями, через що також зрізують короткі та товсті стружки. Все це дозволяє зменшити довжину робочої частини протяжки виконаної за схемою Ф-К-Ш приблизно на 30% [13].

Отже для конструкції протяжки приймаємо схему Ф-К-Ш.

2.2. Розрахунок протяжки

Розрахунок протяжки виконуємо за методикою викладеною в роботах [14] і [15].

2.2.1. Характеристика деталі

Вихідними даними для розрахунку комбінованої шліцьової протяжки групового різання є:

- матеріал оброблюваної деталі – сталь легована 50X;
- зовнішній діаметр шліців $D = 34$ мм.;
- внутрішній діаметр шліців $d = 28$ мм.;
- число шліців $n = 6$;
- ширина шліців $b = 7$ мм.;
- спосіб центрування шліцьового з'єднання D ;
- ширина маточини шків (довжина протягування), $L = 50$ мм;
- точність та шорсткість обробки (розміри, для яких не вказаний квалітет точності, виконуються по 11 квалітету).

2.2.2. Вибір матеріалу протяжки

Вибір матеріалу для різальної частини протяжки залежить від матеріалу, який обробляється, його фізико-механічних властивостей, типу протяжки та характеру виробництва. Для отримання відповідних рекомендацій можна скористатися таблицею 2.1.

Таблиця 2.1 – Матеріал протяжки в залежності від матеріалу деталі [15].

Оброблюваний матеріал	Протяжка шліцьова
Легована конструкційна сталь твердістю HB 240—300; твердий чавун (HB>220)	P6M5; P6M3

2.2.3. Вибір типу хвостовика і його розмірів

Вибір типу та розміру хвостовика протяжки повинен залежати від типу патрона, який використовується на протяжному верстаті. Рекомендується

надавати перевагу швидкозмінним патронам, оскільки вони забезпечують зручну заміну протяжки.

Діаметр хвостовика повинний бути менше діаметра попередньо обробленого отвору D_0 не менш, ніж на 0,5 мм для вільного входу хвостовика у заготовку. Остаточний діаметр хвостовика приймається рівним найближчому стандартному розміру. Хвостовик протяжки виконують з допуском по $e8$, $d8$ або $f8$ [15].

На рисунку 2.3 зображено форму хвостовика, призначеного для використання зі швидкозмінним патроном для внутрішньої протяжки згідно зі стандартом ГОСТ 4844-78.

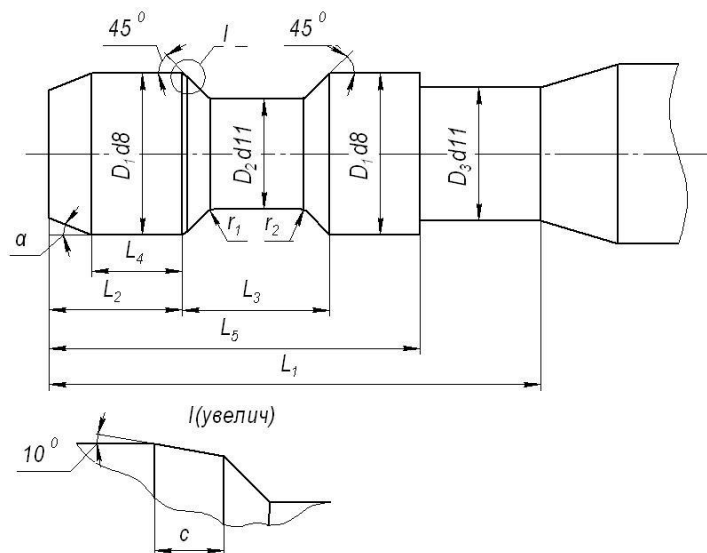


Рисунок 2.3. – Основні розміри хвостовика протяжки [16]

Основні розміри хвостовиків наведено в табл. 2.2.

Таблиця 2.2. – Основні розміри хвостовиків під швидкозмінні патрони, мм [16]

D_1	D_2	D_3	L_1	L_2	L_3	L_4	r_1	r_2	c	α	$F_{оп}, \text{мм}^2 *$
25	19	24,7	140	25	25	16	0,3	1,0	1,0	30^0	283,5

* - площа поперечного перетину з діаметром D_2 (небезпечного перетину).

2.2.4. Вибір розмірів та профілю стружкових канавок

У протяжок крок чорнових і перехідних зубців на всіх частинах протяжки приймається однаковим і дорівнює

$$t = K\sqrt{L} = 2,5\sqrt{50} = 17,6 \Rightarrow 18 \text{ мм},$$

де L – довжина оброблюваної деталі (шківа), мм,

K – коефіцієнт заповнення стружкової канавки.

Значення коефіцієнтів заповнення стружкової канавки наведені в табл.2.3.

Таблиця 2.3 – Значення коефіцієнту заповнення стружкової канавки протяжок K [15]

Оброблювальний матеріал	Сталь конструкційна	Сталь легована	Алюміній, мідь	Чавун, бронза, латунь
Значення коефіцієнта K	3,0	2,5	3,0	2,5

Так, як в нас задана сталь легована, значення коефіцієнту заповнення стружкової канавки $K = 2,5$.

Отримане значення шагу зубців t округляється до найближчого більшого стандартного, наведеного в табл. 2.4. По табл. 2.4 визначають також форму, розміри профілю зубців і активну площу стружкової канавки. Форма профілю показана на рис. 2.4 [15].

Для забезпечення нормальної роботи протяжки без вібрацій та задовільної якості обробленої поверхні повинна виконуватись нерівність

$$2 \leq Z_{\max} \leq (6 \dots 7),$$

де $Z_{\max}$ – максимальна кількість одночасно працюючих зубців $Z_{\text{одн}}$, шт., кількість одночасно працюючих зубців:

$$Z_{\text{одн}} = \frac{L}{t} = \frac{50}{18} = 2,77 [15].$$

Ціла частина $Z_{одн}$ показує мінімальну кількість одночасно працюючих зубців Z_{min} , а величина $Z_{max}=Z_{min}+1$ – максимальну кількість одночасно працюючих зубців. Умова виконується [15].

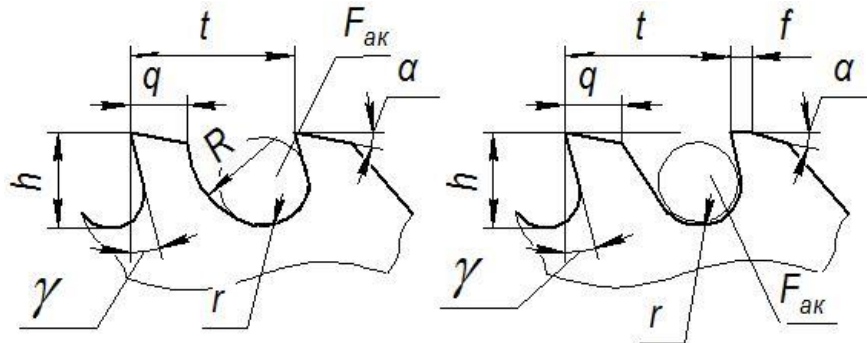


Рисунок 2.4 - Форма і розміри профілю зубців протяжки [15]

Таблиця 2.4 – Розміри профілів зубців протяжки, мм [15].

t	h	r	q	R	$F_a, \text{мм}^2$
18	8	4	6	12	50,3

2.2.5. Вибір геометричних параметрів протяжки

Розміри передніх кутів зубців протяжки залежать від властивостей оброблюваного матеріалу. Передній кут γ має вплив на зусилля протягування, якість обробленої поверхні і стійкість протяжки.

При невеликих подачах на зуб ($S_z \leq 0,02$ мм) цей вплив незначний, тому що при цьому величина радіуса заокруглення різальної кромки зубця близька до товщини зрізу. Тому на чистових і калібруючих зубцях передній кут приймають рівним $(0...5)^\circ$, щоб підвищити їхню стійкість [15].

Задній кут α служить для зменшення тертя задньої поверхні зубця об оброблювану поверхню. Зі збільшенням заднього кута зменшується величина зносу по задній поверхні зубця протяжки. Однак величина заднього кута на чорнових зубцях обмежена тим, що при значних величинах задніх кутів протяжка швидко втрачає діаметральні розміри після переточування по передній поверхні [15].

На калібрувальних зубцях, для яких важливо зберегти поперечні розміри, задній кут менше, ніж в чорнових. Крім того, для збереження розміру при переточуваннях на задніх поверхнях калібрувальних зубців у протяжок для внутрішнього протягування шліфують циліндричні стрічки шириною $f=(0,2...0,6)$ мм. Калібрувальні зубці протяжок для зовнішнього протягування допускається виготовляти без стрічок [15], (рис. 2.5).

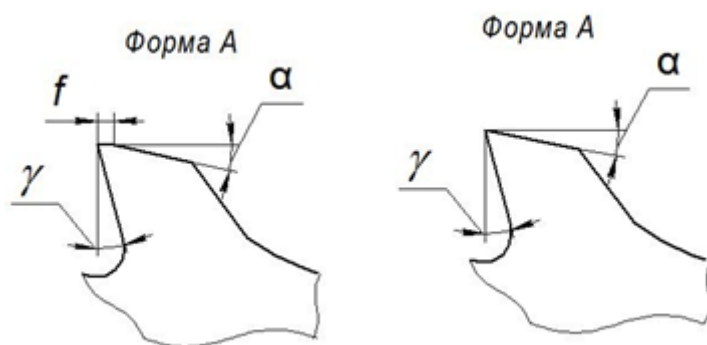


Рисунок 2.5 – Форма заточування зубців протяжок [15].

Передні і задні кути зубців протяжки вибирають по табл. 2.5 та 2.6

Таблиця 2.5 – Значення передніх кутів протяжки [15].

Оброблюваний матеріал	Чорнові і перехідні зубці		Чистові і калібруючі зубці		
	форма зубця	γ , град	Форма зубця	γ , град	γ_1 , град
Сталь легована	А	15	А	15	-

Таблиця 2.6 – Значення задніх кутів протяжки [15].

Вид зубців	Задні кути α в залежності від точності обробки, град	
	7-9-й квалітети	10-й квалітет і нижче
Чорнові, перехідні	3–4	3–4
Чистові	2	3
Калібрувальні	1	1°30'

Щоб зменшити тертя бічних поверхонь зубців об оброблену поверхню, ми створили піднутрення під кутом φ_1 , який може бути в діапазоні від 1 до 2° (рис.

2.6). Для належного формування бічної поверхні шліцу на зубці, застосовується стрічка f_0 , яка має ширину від 0,8 до 1,0 мм.

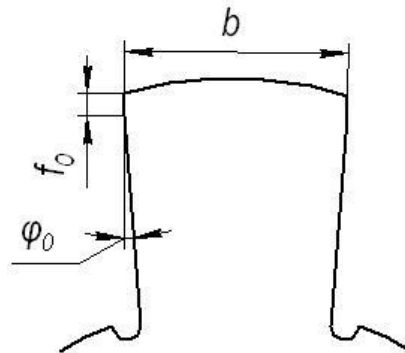


Рисунок 2.6 – Профіль зубців з піднутренням [15].

2.2.6. Визначення підйомів на зубець

Чорнові зубці протяжки об'єднані у групи по два зубця в кожній. Підйом на чорнову групу розраховується за формулою

$$S_{zч} = F_{акт}/(L \cdot K) = 0,33 \text{ мм/гр},$$

де $F_{акт}$ – активна площа стружкової канавки зубців протяжки (вибирається по табл. 2.4), мм²;

$K=2,5$ – коефіцієнт заповнення стружкової канавки [15].

Для нормального розміщення в канавці стружка повинна звертатися у спіральний валик. Для кожної глибини стружкової канавки h існує максимальний підйом на зубець, при якому звертання стружки в валик відбувається нормально. Ці значення підйомів приведені у таблиці 2.7 [15].

Таблиця 2.7 - Максимальні значення підйому на зубець, при яких стружка звертається у валик, мм/зуб [15].

Ширина слою, що зрізується одним зубом, b_1 , мм *	Максимальний підйом на зуб при глибині стружкової канавки h				
	3	4	5	6	7
понад $1,5\sqrt{d}$	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25

* Ширина шару, що зрізується одним зубом, b_1

Також, на перехідній частині протяжки, зубці також згруповані у двозубі пари. Висота підйому на перехідну групу вибирається в залежності від значення S_{zc} , яке було знайдено, використовуючи табл. 2.8.

Таблиця 2.8 – Підйом на перехідну групу зубців протяжки [13].

Підйом на чорнових зубцях S_{zc} , мм	Припуск на перехідні зубці $A_{пер}$, мм	Кількість перехідних секцій	Розподіл припуску по секціях, мм		
			1 секція	2 секція	3 секція
0,31 – 0,40	0,67 – 0,80	3	0,53 $A_{пер}$	0,30 $A_{пер}$	0,17 $A_{пер}$

Чистові зубці протяжки виконують несекціонованими з підйомом на кожний зубець. Підйом на чистові зубці та загальна кількість чистових та калібруючих зубців залежить від квалітету точності і шорсткості обробленої поверхні. Значення їх приведені у таблиці 2.9 [15].

Таблиця 2.9 – Підйом зубців на чистовій частині, число чистових і калібрувальних зубців [13].

Вид зубців	Шліцьові		Круглі		
	7-й квалітет, $Ra=2,5 \dots 1,25$	грубіше	6-й квалітет, $Ra=2,5 \dots 0,63$	7-й квалітет, $Ra=2,5 \dots 1,25$	грубіше
Загальний припуск на чистові зубці на діаметр, мм	0,08	0,08	0,14	0,12	0,10
Загальна кількість чистових зубців, шт	3	2	5	4	3
Число чистових зубців з підйомом $S_z=0,02$ мм/зуб	1	2	2	2	2
Число чистових зубців з підйомом $S_z=0,01$ мм/зуб	2	–	3	2	1
Число калібрувальних зубців, шт	4	3	4 – 5	4 – 5	3 – 4

2.3 Вибір верстата

2.3.1. Розрахунок сил різання при протягуванні

При виборі верстата необхідно враховувати сили різання, які виникають при протягуванні на різних частинах комбінованої протяжки. Особливу увагу звертають на максимальні сили різання, які виникають при роботі чорнових зубців, і при виборі верстата беруть до уваги тільки їх.

Сила різання, яка виникає під час роботи чорнових зубців протяжки, залежить від параметрів зрізу та оброблюваного матеріалу

$$P = p b_1 Z_{max} K = 810 \text{ Н},$$

де p – питома сила різання, яка припадає на одиницю довжини різальної кромки зубця, Н/мм², вибирається з таблиці 2.10;

$Z_{max} = 3$ – максимальне число одночасне працюючих зубів;

b_1 - довжина різальної кромки одного зубця, мм;

K – коефіцієнт [15].

Коефіцієнт K враховує геометричні параметри протяжки

$$K = K_\alpha K_\gamma K_h K_0 = 1;$$

де - K_α та K_γ - коефіцієнти, які враховують вплив переднього та заднього кутів протяжки (див. таблицю 2.11),

K_h – коефіцієнт, який враховує вплив зносу протяжки. Для нової протяжки $K_h=1$, для величини зносу зубців більше ніж 0,3 мм $K_h=1,75$;

K_0 – коефіцієнт, який враховує охолодження. При роботі без охолодження $K_0=1,34$, з охолодженням - $K_0=1,0$ [15].

Таблиця 2.10 – Питома сила різання, Н/мм [13]

Підйом на зубець, мм/зуб	Питома сила різання, при обробці				Підйо м на зубець, мм/зуб	Питома сила різання, при обробці			
	сталь HB190- 230	сталь HB>230	Чавун HB< 180	Чавун HB> 180		сталь HB 190-230	сталь HB> 230	Чавун HB< 180	Чавун HB> 180
0,06	195	282	151	166	0,18	436	625	334	370
0,08	235	335	180	200	0,20	473	685	360	402
0,10	273	390	207	236	0,22	503	738	385	427
0,12	315	450	243	268	0,25	545	810	421	465
0,14	357	505	273	303	0,28	575	858	452	498
0,16	398	560	305	336	0,30	615	983	476	522

Для фаскової частини протяжки довжина різальної кромки одного зубця дорівнює

$$b_1 = \frac{(b + 2f)n}{Z_\phi} = 24 \text{ мм},$$

де $b = 7$ – ширина шліцьового пазу, мм,

$f = 0,5$ – величина фаски в основі шліцу, мм,

$Z_\phi = 2$ – кількість зубців у групі на фасковій частині протяжки, шт,

$n = 6$ – кількість шліців, шт [15].

Для шліцьової частини протяжки довжина різальної кромки одного зубця дорівнює

$$b_1 = \frac{bn}{Z_{ш}} = \frac{7 \cdot 6}{2} = 21 \text{ , мм},$$

де $Z_{ш} = 2$ – кількість зубців у групі шліцьової частини протяжки [15].

Для круглої частини протяжки типу КФШ довжина різальної кромки одного зубця дорівнює

$$b_1 = \frac{\pi d}{Z_\kappa} = \frac{\pi \cdot 28}{2} = 43 \text{ мм},$$

де d – внутрішній діаметр оброблюваної втулки, мм,

$Z_\kappa = 2$ – кількість зубців у групі круглої частини протяжки [15].

Таблиця 2.11 – Значення коефіцієнтів K_α та K_γ [15].

Коефіцієнти	Значення кутів				
	$\alpha, ^\circ$		$\gamma, ^\circ$		
	$\alpha \leq 1$	$\alpha > 1$	$\gamma \leq 3$	$\gamma = 3 \dots 9$	$\gamma > 9$
K_α	1,12-1,20	1,0	-	-	-
K_γ	-	-	1,35	1,13	1,0

2.3.2. Вибір моделі верстата

Для вибору моделі верстата необхідно вибрати по максимальній розрахованій силі різання з урахування ККД.

За таблицею 2.12. знайдемо швидкість різання для нашого матеріалу, а саме легована сталь Р6М5.

За 2-гою групою якості протягування поверхні обираємо швидкість різання матеріалу: 6 м/хв.

Таблиця 2.12. – Швидкість різання протяжками зі сталі Р6М5 [14]

Протяжки	Тип виробництва	Група якості протягування поверхні	Швидкість різання (м/хв) для обробленого матеріалу			
			Сталь			
			Група оброблення			
			I	II	III	IV
Шліцьові	Серійне виробництво	1	5	5	4	3
		2	7	6	5	4
		3	9	8	7	5

За таблицею 2.13. обираємо модель верстата, за показниками швидкості робочого ходу протяжки 3 м/хв. Модель обраного верстата 7А520.

Таблиця 2.13. – Характеристика протяжних верстатів [15].

Показники	Показники по моделі верстатів			
	7Б510	7А520	7А530	7Б540
Номінальне тягове зусилля верстата Q , Н	100000	200000	300000	400000
Максимальна довжина робочого ходу, мм	1250	1600	1800	2000
Межі швидкості робочого ходу протяжки в м/хв	1...9	1,5...11	1,5...8	1,5...8
Потужність електродвигуна, кВт	10	20	25,5	40
Мінімальний розмір від торця хвостовика протяжки до першого зуба, що ріже $l_{сч} = l_1 + l_2 + l_3 + l_4$	$190 + L$	$200 + L$	$300 + L$	$400 + L$

2.3.3. Визначення швидкості різання

Швидкість різання при протягуванні виявляється значно нижчою, ніж у випадку інших методів обробки. Ця швидкість залежить від оброблюваного матеріалу, конструкції та матеріалу протяжки, швидкості подачі, характеру виконуваної роботи, а також вимог до точності та чистоти поверхні при обробці сталі, за таблицею 2.14., 6 м/хв.

Обрана швидкість різання повинна бути перевірена по потужності верстата. Потрібна потужність верстата N визначається по відомій величині зусилля протягування P і призначеної швидкості V з урахуванням ККД верстата [15].

Потужність різання визначається залежністю:

$$N = 0,13PV = 0,13 \cdot 3 \cdot 45 = 17,55 \text{ кВт},$$

Таблиця 2.14. - Швидкість різання при протягуванні в залежності від оброблюваного матеріалу та матеріалу протяжки

Оброблюваний матеріал	7-й квалітет при $Ra=1,25\dots0,63$		грубіше	
	P6M5	ХВГ	P6M5	ХВГ
Вуглецева і легована конструкційна сталь твердістю HB(240...250); кольорові метали; чавун твердістю HB<220	5	4	8	5
Легована конструкційна сталь твердістю HB(240...300); твердий чавун (HB>220)	4,5	3,5	7	5
Леговані конструкційні сталі твердістю HB>300	3	2,5	6	4
Жароміцні сталі і сплави	2,5	2,5	4	4

2.3.4. Перевірка протяжки на міцність

З метою запобігання розриву протяжки під час роботи, необхідно провести перевірку її міцності в небезпечних перетинах. Небезпечним перетином є той, де діаметр протяжки є найменшим. Залежно від розмірів оброблюваної втулки, небезпечним може бути перетин, який проходить через мінімальний діаметр хвостовика D2, або перетин, що проходить по западині першого зубця.

Необхідно перевірити виконання двох умов:

- умова відсутності небезпеки розриву протяжки по хвостовику

$$P_{\text{доп}} \geq Q\eta = 0,9 \cdot Q,$$

де $P_{\text{доп}}$ – припустиме розривне зусилля для хвостовика, Н,

$Q = 200$ кН – тягове зусилля верстата, Н,

η – ККД верстата [15].

Припустиме розривне зусилля для хвостовика розраховується по формулі

$$P_{\text{доп}} = F_{\text{он}} \cdot [\sigma_p] \cdot K_u = 101,88 \text{ Н}$$

де $F_{\text{он}} = 283 \text{ мм}^2$ – площа небезпечного перетину хвостовика, мм^2 ;

$[\sigma_p]$ – припустиме напруження на розтягання, МПа:

для сталі Р6М5 – $[\sigma_p]=400$ МПа;

K_b – коефіцієнт, який ураховує вплив вигину протяжки ($K_b=0,9$).

– умова відсутності небезпеки розриву протяжки по западині першого зубця

$$P_{on} = \frac{\pi \cdot D_{on}^2}{4} \cdot [\sigma_p] \geq Q\eta,$$

де $D_{on}=D_o-2h$ – мінімальний діаметр протяжки в перетині, що проходить по западині першого зуба,

$D_o = 28$ мм – діаметр отвору до протягування,

$H = 8$ мм – глибина стружкової канавки,

$[\sigma_p]$ – припустиме напруження матеріалу протяжки на розрив, для швидкорізальної сталі $[\sigma_p]=400$ МПа.

Умови міцності протяжки виконуються, отже обладнання вибрано правильно.

2.3.5. Визначення величини припуску на круглій зубці

Якщо шліцьове з'єднання має центрування по внутрішньому діаметру d , тоді тільки у цьому випадку протяжка повинна мати круглу частину. Величину припуску можна визначити з таблиці 2.15, враховуючи діаметр і довжину оброблюваної втулки, а також спосіб попередньої обробки отвору.

Діаметр попередньо обробленого отвору дорівнює

$$D_0 = d_{max} - A_{кр} = 28 - 1 = 27 \text{ мм},$$

де $A_{кр}$ – припуск на круглій зубці, мм;

d_{max} – максимальний внутрішній діаметр втулки, що протягується; з урахуванням допуску і розбивання, мм,

$$d_{max} = d + T \pm \delta = 28 + 0,33 \text{ мм},$$

d – внутрішній діаметр втулки, мм,

T – допуск на внутрішній діаметр, мм,

δ - величина зміни діаметру отвору після протягування, розбивання (-), усадка (+), мм.

Величина δ залежить від властивостей оброблюваного матеріалу. При обробці конструкційних сталей або чавунів відбувається розбивання отвору. Величина розбивання складає $\delta = 0,005$ мм [13].

Весь припуск $A_{кр}$ знімають чорнові, перехідні та чистові круглі зубці протяжки. Припуск на перехідні групи ($A_{к\ пер}$) та чистові зубці ($A_{к\ чист}$) вибирають з таблиці 2.8.

Припуск на чорнову частину розраховують за формулою

$$A_{к\ ч} = A_{к\ ч} - (A_{к\ пер} + A_{к\ чист}) = 0,22 \text{ мм.}$$

Таблиця 2.15. - Припуски під протягування для круглих зубців, мм

Довжина отвору, що протягується <i>L</i> , мм	Припуск після свердлення або чорнового розточування отвору				Припуск після зенкування або чистового розточування отвору				
	Діаметри отворів, що протягуються, мм								
	10-18	18-30	30-50	50-80	10-18	18-30	30-50	50-80	80-120
6...10	0,4	0,5			0,2	0,3			
10...18	0,5	0,5	0,6		0,3	0,3	0,4		
18...30	0,6	0,6	0,8	1,0	0,4	0,4	0,5	0,6	
30...50	0,8	0,8	1,0	1,2	0,5	0,5	0,5	0,6	
50...80		0,8	1,0	1,2		0,5	0,6	0,7	0,7
80...120		1,0	1,0	1,2			0,6	0,6	0,8
120...180			1,2	1,4			0,7	0,8	0,8
св. 180			1,2	1,4			0,7	0,8	1,0

2.3.6. Розрахунок кількості зубців

Кількість чорнових секцій:

$$i_{кч} = \frac{A_{кч}}{2S_{зч}} = \frac{0,22}{0,33} = 0,3 \text{ шт,}$$

де S_{zc} – підйом на зуб у чорнових секціях.

Якщо при розрахунках кількості секцій виходить дробове число, то його округляють у меншу сторону до найближчого цілого числа, а не знятий припуск переноситься на перехідні секції [15].

Кількість чорнових зубців:

$$Z_{kc} = 2i_{kc} + 1 = 2 \text{ шт.}$$

Одиниця додається з метою уникнення випадкового збільшення навантаження на перший зубець через нерівномірність припуску, наявність побічних включень у метал та інше. Це досягається завдяки тому, що перший зубець протяжки виконується без підйому, його діаметр дорівнює діаметру попередньо обробленого отвору.

Кількість перехідних секцій вибирається з таблиці 2.8.

Кількість перехідних зубців

$$Z_{кпер} = 2i_{кпер}, \text{ шт.}$$

Кількість чистових ($Z_{кчист}$) та калібруючих ($Z_{к кал}$) зубців вибирається по табл. 2.9.

2.3.7. Визначення параметрів викружок

У випадку протяжок типу КФШ, студент, круглі чорнові і перехідні зуби розташовуються в секціях по два зубці. На першому зубці кожної секції виконують викружку для розподілу стружки, тоді як другий зуб має циліндричну форму без викружок (рис. 2.6). Діаметр другого зубця зменшується на (0,02...0,04) мм, щоб компенсувати пружну деформацію металу втулки.

Кількість і ширину викружок вибирають з таблиці 2.16. Радіус абразивного круга для шліфування викружок (R_e) приймають конструктивно, таким чином, щоб він не торкався западини зубців [15].

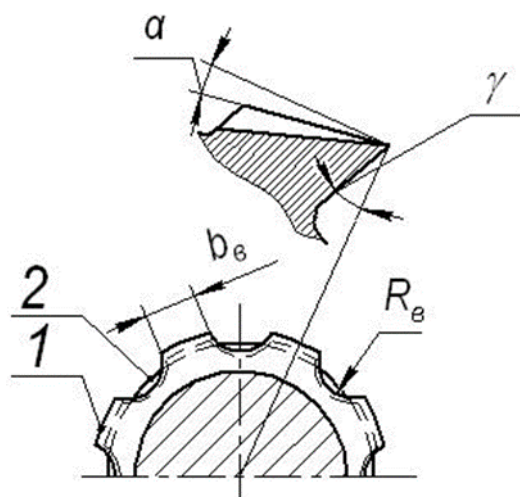


Рисунок 2.6. - Профіль чорнових і перехідних круглих зубців:
1 – перший зубець секції, 2 – другий зубець секції [15].

Таблиця 2.16 – Параметри викружок на круглих зубцях [15].

Діаметр зубця, D , мм	Кількість викружок, i	Ширина викружки, $b_{в}$, мм	Діаметр зубця, D , мм	Кількість викружок, i	Ширина викружки, $b_{в}$, мм
21,1...23	8	4	53,1...56	12	7,5
23,1...24		4,5	56,1...60		8
24,1...26		5	60,1...64		8,5
26,1...28		5,5	64,1...68		9
28,1...30,5		6	64,1...68	14	7,5
30,6...33	10	6,5	68,1...72		8
33,1...35,5		7	72,1...76		8,5
35,6...38		7,5	76,1...81	16	9
35,6...38		6	76,1...81		8
38,1...41		6,5	81,1...85		8,5
41,1...44		7	85,1...89		9
44,1...47		7,5	89,1...94		9,5
47,1...50		8	94,1...99		10
50,1...53		8,5	99,1...104		10,5
53,1...56		9	104,1...109		11

2.3.8. Розрахунок довжини круглої частини протяжки

Для підвищення точності обробленої поверхні шаг чистових та калібруючих зубців приймають меншим, ніж шаг чорнових зубців
 $t_{чист}=(0,7...0,8)t = 12,6$ мм.

Загальна довжина круглої частини протяжки визначається за формулою

$$L_k = (Z_{k\text{ черн}} + Z_{k\text{ пер}}) * t + (Z_{k\text{ чист}} + Z_{k\text{ кал}}) * t_{\text{чист}} = 245 \text{ мм.}$$

2.4. Розрахунок фаскової частини протяжки

Фаскова частина протяжки виконує завдання створення фаски в основі шліцу шляхом знімання припуску 1. Ця частина протяжки має лише недороблені зубці.

2.4.1. Визначення припуску на фаскові зубці

Величина припуску, який знімають фаскові зубці протяжки залежить від її типу. Діаметр попередньо обробленого отвору дорівнює внутрішньому діаметрові шліців з відповідним полем допуску

$$D_0 = d > 28 \text{ мм,}$$

де d – внутрішній діаметр шліцевої втулки, мм [15].

Припуск під фасочні зубці дорівнює

$$A_\phi = d_{\phi n} - d, \text{ мм,}$$

де $d_{\phi n} = d_\phi + (0,3 \dots 0,4) = 29,3 \text{ мм}$ – діаметр останнього фасочного зубця;

$d_\phi = d + 2f = 28 + 1 = 29 \text{ мм}$ - діаметр фаски в основі шліца,

f - величина фаски в основі шліца, мм [13].

Діаметр останнього фаскового зубця приймається на $(0,3 \dots 0,4) \text{ мм}$ більше діаметра фаски для того, щоб забезпечити запас на переточування протяжки [15].

2.6.2. Розрахунок кількості зубців у фасочній частині

Фаскова частина протяжки має лише чорнові зубці, які об'єднані в секції. Це пов'язано з тим, що до фаски в основі шліцу не висувається високих вимог по точності і шорсткості. Кількість секцій розраховується за формулою

$$i_\phi = \frac{A_\phi}{2S_{z\phi}} = \frac{1,3}{0,66} = 1,96 \text{ шт,}$$

де S_{zc} – підйом на зубець на чорнових секціях [15].

Для усіх типів протяжок, коли фаскові зубці розташовані першими, кількість зубців визначається по формулі

$$Z_{fc}=2i_{fc}+1=5 \text{ шт.}$$

Додавання одиниці виконується шляхом створення першого зубця протяжки без підйому, його діаметр відповідає діаметру попередньо обробленого отвору. Це зроблено з метою уникнення випадкового збільшення навантаження на перший зубець через нерівномірний припуск, наявність домішок у металі тощо.

2.6.3. Визначення параметрів викружок

Фасонні зуби групуються в двозубі секції, причому перші зубці в кожній секції мають на бічних сторонах викружки для розподілу стружки по ширині, а другі виконуються без викружок, зменшеними по діаметру на (0,02...0,04) мм для компенсації пружної деформації металу втулки. Радіус викружки вибирається графічно так, щоб ширина першого зубця секції була приблизно на половину менше ширини другого зубця (рис.2.7). При цьому шліфувальний круг не повинний торкатися западини між зубцями. Глибина викружки повинна бути не менше $3S_z$. Бічні сторони зубців виконують під кутом фаски. Кількість викружок рівна кількості шліців. Ширина викружок приймається рівною

$$b_s=(0,5-0,6)b=3,5 \text{ мм,}$$

де b – ширина шліцу, мм [15].

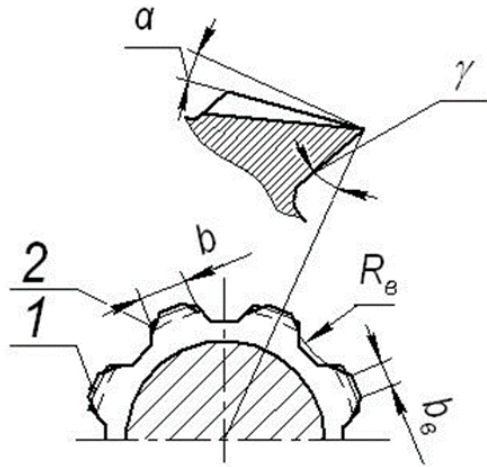


Рисунок 2.7 – Профіль фаскових зубців: 1 – перший зубець, 2 – другий зубець секції [15]

2.6.4. Розрахунок довжини фаскової частини протяжки

Загальна довжина фаскової частини протяжки визначається по формулі

$$L_{\phi} = Z_{\phi} * t = 5 * 18 = 90 \text{ мм},$$

де $t = 18$ – крок чорнових зубів протяжки,

Z_{ϕ} – кількість зубців в фасковій частині протяжки, шт.[15].

2.7. Розрахунок шліцевої частини протяжки

2.7.1. Припуск на шліцеві зубці

Шліцеві зубці протяжки, незалежно від її типу, знімають припуск 2, величина якого розраховується по формулі

$$A_{ш} = D_{max} - d_{\phi} = 28,3 - 28 = 0,3 \pm 0,005 \text{ мм},$$

де $d_{\phi} = 28$ – діаметр фаски в основі шліцу,

D_{max} – максимальний зовнішній діаметр втулки, що протягується, з урахуванням допуску та розбивання, мм,

$$d_{max} = d + T \pm \delta, \text{ мм},$$

$d = 28$ – внутрішній діаметр шліцевої втулки, мм,

$T = 0,03$ – допуск на діаметр, мм,

δ - величина зміни діаметру отвору після протягування, розбивання (+), усадка (-), мм.

Величина δ залежить від властивостей матеріалу, який підлягає обробці. При обробці в'язких матеріалів спостерігається усадка $\delta = 0,01$ мм. Однак, при обробці конструкційних сталей відбувається розбивання отвору, при якому величина розбивання становить $\delta = (0,005 \dots 0,01)$ мм.

Весь припуск $A_{ш}$ знімають чорнові, перехідні та чистові зубці протяжки. Припуск на перехідні групи ($A_{ш\ пер}$) та чистові зубці ($A_{ш\ чист}$) вибирають з таблиці 2.8. [15].

Припуск на чорнову частину розраховують за формулою

$$A_{шч} = A_{ш} - (A_{ш\ пер} + A_{ш\ чист}) = 0,3 - (0,14 + 0,08) = 0,22 \text{ мм.}$$

3. ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ШЛІЦЬОВОЇ ПРОТЯЖКИ

3.1. Вибір заготовки

Для інструменту протяжки, що повинна обробляти шліцьовий отвір ГОСТ 28442-90, використовують швидкорізальну сталь Р6М5 для ріжучої частини та сталь 40Х для хвостовика. Хімічний склад сталі Р6М5 наведено в табл. 2.1

Таблиця 2.1 – Хімічний склад сталі Р6М5 за ГОСТ 19265

С	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Mo	W	V	Co	Cu
0.82 - 0.9	0.2 - 0.5	0.2 - 0.5	до 0.6	до 0.025	до 0.03	3.8 - 4.4	4.8 - 5.3	5.5 - 6.5	1.7 - 2.1	до 0.5	до 0.25

3.1.1. Оброблення заготовки

В якості протяжок зазвичай використовують прокат круглого перерізу. Відрізають заготовку на фрезерно-відрізному верстаті. Як інструмент на цих верстатах застосовують пилки дискові сегментні діаметром 250-2000 мм. Пилки меншого діаметру мають більшу жорсткість і дозволяють працювати з великими швидкостями різання та подачами, але вони застосовні для різання прутків порівняно невеликого діаметру. Найбільше застосування знайшли пилки діаметром 710 мм, шириною 6,5 мм. Фрезерно-відрізні верстати мають механізми автоматичної заготівлі на задану відстань, один робітник може обслуговувати до п'яти верстатів [14].

Рубка є найбільш продуктивним та безвідходним процесом. Однак при рубанні швидкорізальної сталі, в холодному стані, часто утворюються тріщини. Щоб уникнути утворення тріщин, швидкорізальну сталь рубають з підігрівом до 500-600°C, що ускладнює технологічний процес [14].

На заготовці різальної частини проточують шийку, в якій діаметр рівний діаметру заготівлі хвостової частини. Довжина шийки залежить від відношення діаметрів заготовок ріжучої та хвостової частин [14].

Для поліпшення контакту при зварюванні заготовки різальної частини обточують по зовнішньому діаметру на довжині, що дорівнює довжині затискача зварювального апарату; заготівлі хвостової частини для цієї ж цілі піддають обробці в галтувальному барабані [14].

Зварювання заготовок виконують на зварювальних апаратах. Для зварювання заготовки застосовують електрозварювальний напівавтомат СА-2. При зварюванні заготовки слід затискати так, щоб їх осьові лінії та торці, що зварювалися, збігалися. Максимальне зміщення заготовок не повинно перевищувати 0,5-0,6 мм [14].

Заготовки після зварювання поміщають у піч з температурою 600-700°C. Після вирівнювання температури заготовок їх відпалюють в електропечі.

В результаті відпалу ліквідовуються внутрішні напруження, виходить більш сприятлива структура для подальшої термічної обробки та знижується твердість, внаслідок чого покращується оброблюваність заготовок різанням.

У відпалених заготовок на токарному верстаті знімають облії і заготовки передають для підрізання торців та центрування [14].

Підрізання торців та центрування доцільно проводити на фрезерно-центрувальних верстатах (МР-75). На цьому верстаті двома фрезами одночасно фрезерують обидва торці, а потім з двох боків виробляють центрування комбінованими центральними свердлами типу А (ГОСТ 14952-75). Обробка на фрезерно-центрувальних верстатах забезпечує однакову довжину всіх протяжок у партії та однакову глибину центрових отворів, що особливо важливо для подальшої обробки на токарних верстатах з ЧПУ [14].

3.1.2. Токарне оброблення

При токарній попередній обробці заготовку обточують циліндричними ступенями. При відношенні довжини заготівлі до діаметру, обробка проводиться із застосуванням люнету. У цьому випадку спочатку проточують місце під люнет (на передній напрямній частині).

При обробці заготовку кріплять одним кінцем у патроні, другий кінець підтримується обертовим центром [14].

Після попередньої токарної обробки остаточно підрізають торець, зенкують центровий отвір під кутом 60° і розточують виточку. Операцію виконують на обох торцях. Виточення розточують прохідним упорним різцем. Форму та розміри центрових отворів контролюють шаблоном 60° та штангенциркулем [14].

Чистова токарна обробка складається з наступних переходів: обточують передню напрямну, передній хвостовик, шийку, перехідний конус, скоси та шийку замка; після пере-установки обточують калібруючу частину, задню напрямну, знімають фаску біля торця [14].

Обточування профілю зубів складна та трудомістка операція. При виконанні її на універсальних токарних верстатах, спочатку роблять розмітку кроків зубів. Протяжку встановлюють переднім кінцем у само-центруючий патрон, задній кінець підтискають центром, що обертається. Прохідним твердосплавним різцем наносять кільцеві ризики перед ріжучою кромкою кожного зуба. Розмітка починається з останнього калібруючого зуба і закінчується на першому ріжучому зубі. Крок зубів контролюється по лімбу поздовжнього ходу верстата [14].

Проточку профілю роблять за допомогою рухомого люнета, який кріплять на супорті верстата. Кулачки люнета встановлюють поблизу різця.

При проточці ріжучих зубів у міру зменшення їх діаметра, підтиск кулачків відбувається автоматично завдяки пружин, що діють на гвинти кулачків. Для проточування профілю застосовують фасонні різці, оснащені пластинами із твердого сплаву T5K10 [14].

Протяжки, як правило, мають різні кроки і профілі ріжучих і калібрують зубів. У різцетримач верстата встановлюють два різці в позиції I і III, один для зубців, що калібрують, другий - для ріжучих [14].

Обробку починають з останнього калібруючого зуба. Робочий цикл для проточки профілю калібруючих зубів виконують за схемою: 0-1 - швидке підведення різця; 1-2 (довжина 1 мм) - підведення при зменшеній подачі; 2-3 врізання у западину; 3-2 - вихід з западини; 2-1 та 1-2 – перебіг 1 мм для вибору люфтів; 2-4 – переміщення на крок. При обробці різальних зубів за перехід 1-2 до перебігу 1 мм додається поперечне переміщення різця на відстань A половину підйому на зуб діаметром [14].

Для переходу з обробки калібруючих зубів на обробку ріжучих зубів різцетримач згідно з керуючою програмою відводять назад на відстань 180 мм від осі центрів верстата і повертають для зміни інструменту. Після зміни інструменту розпочинається обробка різальних зубів [4].

3.1.3. Фрезерування

Профіль шліцьових протяжок фрезерують при висоті шліців більше 1,5 мм [14].

Профіль протяжок з прямобічними шліцами фрезерують комплектними дисковими трьохсторонніми фрезами [14].

Гребінці, що залишаються, при необхідності знімають тристоронніми циліндричними фрезами. Знаходять застосування також фасонні фрези, що обробляють повний профіль однієї западини [14].

У ряді випадків фрезерування шліцьових протяжок з прямобічним профілем виконують черв'ячними фрезами на шліцефрезерних верстатах. Цей метод характеризується високими продуктивністю, ступенем автоматизації та якістю, але потребує спеціального обладнання та інструменту. Товщину зуба та внутрішній діаметр протяжок контролюють мікрометром [14].

3.1.4. Термічна обробка

Протяжки загартовують у два переходи: спочатку ріжучу та напрямну частини, потім хвостову частину. Загартування ріжучої частини протяжок із сталі Р6М5 виробляють у наступному режимі: перший підігрів у повітряній

електропечі до температури 400-500° С, другий підігрів у соляній ванні до 800-900°С та остаточний нагрів у соляній ванні до 1210-1250°С, після чого охолодження в олії. У гарячому стані протяжки правлять на гвинтовому пресі [14].

Після загартування протяжки піддають триразовому відпочинку: у соляних ваннах їх нагрівають до 550-570°З витримують при цій температурі 1,5 год, потім охолоджують на повітрі. Після відпочинку протяжки кип'ятять у воді протягом 1-1,5 год. Перед загартуванням хвостової частини протяжки підсушують над ванною, потім хвостову частину нагрівають у соляній ванні до 850-870 ° С у зварних протяжках (хвостова частина зі сталі 40Х). Після цього протяжку охолоджують у маслі, потім на повітрі до температури цеху і промивають у киплячій воді протягом 1-1,5 год [14].

3.1.5. Шліфування

Після термічної обробки центрові отвори протяжки правлять на спеціальних станках [14]. Шліфування протяжки з прямобічним профілем відбувається з вертикальною подачею шліфувального круга [14].

Попередню обробку здійснюють фасонно правленням шліфувальним кругом по всьому профілю западини. Припуск на остаточне шліфування 0,1 - 0,3 мм. При остаточному шліфуванні спочатку обробляють обидві бічні сторони профілю та канавки в основі шліців. Круг правлять на кут 20, рівний куту западини профілю протяжки. На плиті пристосування укріплені два нерухомі калібровані ролики 1 і 2 заданим діаметром. На поворотних напрямних укріплені два інші ролики 3 і 4 такого ж діаметра [14].

Алмазну оправку при правці шліфувального цього круга переміщують вручну; при цьому вона щільно притискається до роликів. Подача алмазу на шліфувальний круг здійснюється столом верстата. У процесі шліфування мікрометром контролюється розмір [14].

Прогресивний спосіб шліфування профілю з підйомом заднього центру протяжки. У цьому методі шліфування усім ріжучих кромках утворюються допоміжні кути у плані, більше нуля. Якість деталей, оброблених такими протяжками покращується, а стійкість протяжок збільшується. При шліфуванні з підйомом заднього центру бічні поверхні шліців шліфують відразу з підсередини [14].

Підйом заднього центру протяжки відносно переднього залежить від кута φ_1 і визначається розрахунковим шляхом так, щоб ширина шліців по вершині була однакою для всіх зубів [14].

Однакова ширина шліців зберігається лише для ділянки зубів з однакою подачею на зуб і однаковим кроком [14].

Після шліфування бокових сторін шліців шліфують поверхню западин між зубами без підйому заднього центру [14].

Контроль накопиченої похибки окружного кроку, паралельності бічних поверхонь зубів щодо осі центрів та симетричності зуба щодо осі центрів у поперечному перетині після шліфування профілю виконують аналогічно контролю після фрезерування. Допустимі відхилення приймають за ГОСТ 7943-78 [14].

3.1.6. Маркування та консервація

Перед хімічним травленням поверхню виробу знежирюють бавовняною серветкою, змоченою 1-2%-ним розчином кальцинованої соди. Знежиренують поверхню протирають чистою бавовняною серветкою. Пензликом на неї наносять шар лаку БТ-5100. Лак сушать при температурі 18-22°C протягом 2-5 хв [14].

Голкою пантографа по лаку наносять знаки маркування. Знаки припудрюють тальком, потім покривають розчином для травлення. Тривалість травлення 3-5 хв. Після травлення краплі розчину видаляють марлевым тампоном або змивають проточною водою. Лак видаляють бензином за допомогою волоссяної щітки [14].

Після цього виріб нейтралізують розчином, що містить, г/л. соди кальцинованої – 5-6, емульгатора ОП-7-1-2 [14].

Консервація включає підготовку поверхні, власне консервацію та бар'єрну упаковку. Перерва між операціями допускається трохи більше 2 год [14].

При підготовці поверхні інструмент відмивають від механічних та жирових забруднень у содово-нітритному розчині. Промивання проводять багаторазовим зануренням інструменту в розчин при температурі 70-90°C протягом 3-5 хв. Сушать інструмент після промивання на повітря. Консервація полягає в обгортанні виробу з усіх сторін в антикорозійний папір УНІ або НДА з перекриттям швів на 5-6 см [14].

Зверху антикорозійного пакувального паперу вироби обгортають у парафінований папір (бар'єрна упаковка) [14].

3.2. Режими різання

3.2.1. Точіння

Точіння (токарна обробка) - найбільш поширений метод обробки поверхонь деталей типу тіл обертання на токарних верстатах. Основні види токарних робіт: обробка зовнішніх циліндрових і конічних поверхонь, обробка пазів і уступів, виточування пазів і канавок, відрізка заготовок, свердлення, зенкерування, розгортання, нарізування різьби, обробка фасонних поверхонь, накочення рифлень та ін [17].

Подачею (мм/об) називається шлях, пройдений ріжучою кромкою інструменту щодо заготовки, що обертається. Подача може бути поздовжньою якщо інструмент переміщається паралельно осі обертання заготовки, і поперечною якщо інструмент переміщається перпендикулярно цій осі [17].

При прорізанні пазів і відрізуванні величина поперечної подачі залежить від властивостей оброблюваного матеріалу, розмірів паза і діаметру заготовки. Вибрану подачу необхідно скоректувати по паспорту верстата, прийнявши найближчий менший ступінь і витримавши умову $S_{ст} \leq S$ [17].

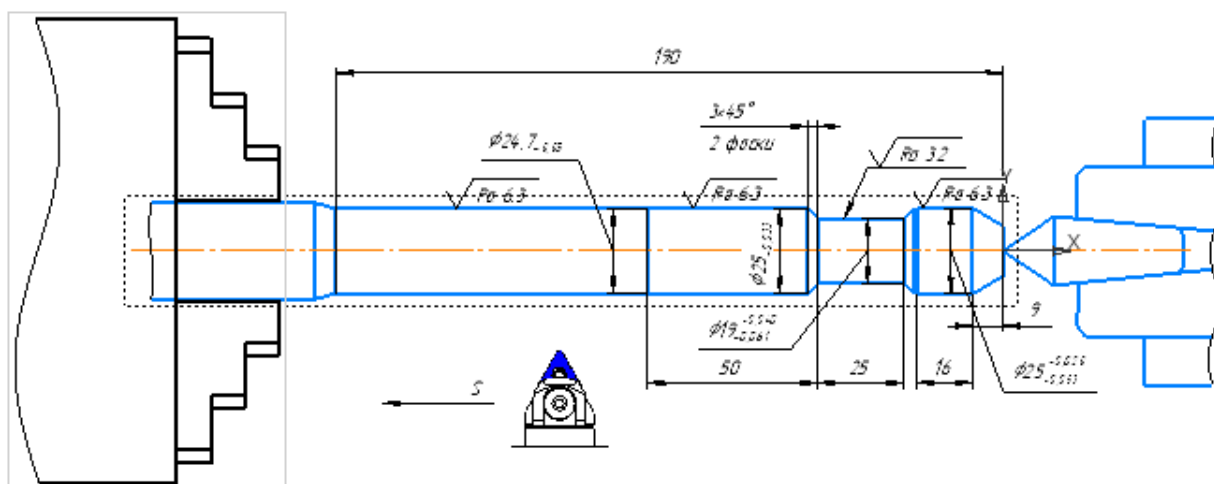


Рисунок 3.1 – Точіння протяжки

Глибина різання t (мм) визначається товщиною шару, що знімається, за один робочий хід різця, зміряною по перпендикуляру до оброблюваної поверхні деталі [17].

При чорновому точінні і відсутності обмежень по потужності верстата величина t приймається рівною припуску на обробку (h); при чистовому точінні припуск знімається за два і більш за проходи на кожному подальшому проході глибина різання встановлюється менше, ніж при передуванні. При параметрах шорсткості обробленої поверхні $R_a=3,2$ мкм включно $t=0,5-2,0$ мм; при $R_a \leq 0,8$ мкм, $t=0,1-0,4$ мм [21].

При відрізанні і прорізанні глибиною різання є ширина головної ріжучої кромки, яку можна визначити з виразу: $b=0,6 D^{0,5}$ мм, де D – діаметр відрізуваній деталі [18].

Швидкість різання V_p (м/хв.) залежить від конкретних умов обробки. На її величину істотно впливають наступні чинники: стійкість інструменту, фізико-механічні властивості оброблюваного матеріалу, подача і глибина різання, геометричні параметри ріжучого інструменту, наявність змащувально-охолоджуючої рідини (ЗОР), температура в зоні контакту інструменту і деталі, допустимий знос інструменту і ін [18].

При зовнішньому подовжньому і поперечному точінні, а також при розточуванні розрахункова швидкість різання визначається за емпіричною формулою:

$$V_p = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v = 50 \text{ м/хв}$$

а при відрізуванні, прорізанні і фасонному точінні - за формулою:

$$V_p = \frac{C_v}{T^m S^y} K_v = 41 \text{ м/хв}$$

де $C_v = 420$ - коефіцієнт, що враховує умови різання;

$T = 100$ - період стійкості інструменту, мін;

$S = 0,3$ - подача, мм/об;

K_v - коефіцієнт, що коректує;

$m/x/y = 0,2/0,15/0,2$ - показники ступеня [18].

Середні значення періоду стійкості T - 90-120 хв. для твердосплавного інструменту [18].

Коректіруючий коефіцієнт визначається по наступній формулі:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{nv} \cdot K_{\phi} \cdot K_r$$

де $K_{mv} = 7,45$ - коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу заготовки;

$K_{pv} = 0,9$ - коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки;

$K_{nv} = 1,4$ - коефіцієнт матеріал ріжучої частини різця, що враховує;

$K_{\phi} = 1,2$ - коефіцієнт, який враховує головний кут в плані різця;

K_r - коефіцієнт, що враховує величину радіусу при вершині різця (береться до уваги тільки для різців з швидкорізальної сталі) [18].

Коефіцієнт K_{mv} розраховується при обробці сталей:

$$K_{mv} = \left(\frac{1900}{HB} \right)^{nv} = 0,11;$$

при обробці ковкого чавуну

де σ_b - межа міцності матеріалу заготовки, Мпа;

$HB = 255$ - твердість матеріалу заготовки, Мпа.

При обробці мідних сплавів із змістом свинцю $<10\%$ $K_{mv}=4$, а з вмістом свинцю $>15\%$ $K_{mv}=12,0$.

При обробці силуміну з $\sigma_b=200-300$ Мпа, $HB>60$ і дюралюмінію $\sigma_b=400-500$ Мпа, $HB>100$ приймати $K_{mv}=0,8$. Якщо дюралюміній має $\sigma_b=300-400$ Мпа, $HB>100$, а силумін $\sigma_b=100-200$ Мпа, $HB\leq 65$, то $K_{mv}=1,0$ [21].

Для перевірки можливості реалізації V_p на вибраному верстаті визначається розрахункова частота обертання шпінделя n_p 1/хв:

$$n_p = \frac{V_p \cdot 1000}{\pi D_o} = 455$$

де $D_o = 35$ - діаметр заготовки до обробки [18].

Отримана n_p порівнюється із значеннями, що є на верстаті. Якщо розрахункова частота не співпадає з одним із ступенів, то для подальших розрахунків приймається той ступінь ($n_{ст}$), який є найближчим меншим до n_p , тобто повинно витримуватися умова $n_{ст} \leq n_p$ [19].

По прийнятому значенню $n_{ст}$ визначається фактична швидкість різання V_ϕ , м/хв:

$$V_\phi = \frac{\pi D_o n_{ст}}{1000} = 55 \text{ м/хв},$$

У подальших розрахунках використовуються тільки $n_{ст}$ і V_ϕ [19].

Сила різання P , Н розкладається на сили, що становлять, направлені по осям координат верстата (тангенціальну P_z , радіальну P_y і осьову P_x). При зовнішньому подовжньому і поперечному точінні, розточуванні, відрізуванні, прорізанні пазів і фасонному точінні ці складові розраховуються по формулі:

$$P_{z,y,x} = 10 C_p t^x S^y V_\phi^n k_p = 20,1$$

При відрізуванні, прорізанні і фасонному точінні $t = 0,3$ - довжина ріжучої кромки різця [22].

$$C_p = 243;$$

$$x = 1;$$

$$y = 0,75;$$

$$n = 0,15$$

Поправочним коефіцієнтом K_p є виріб ряду коефіцієнтів, що враховують умови різання:

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{fp} \cdot K_{yp} \cdot K_{lp} = 0,34 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 1 = 0,374$$

Головної сили різання є P_z , по якій розраховується потужність, необхідна для зняття стружки. Тому розрахунковим шляхом достатньо визначити тільки P_z , а решту складових можна встановити по формулах:

$$P_x = (0,3-0,4)P_z = 80$$

$$P_y = (0,4-0,5)P_z = 100$$

Осьова сила P_x (сила подачі) порівнюється по паспорту верстата з найбільшою подачею, що допускається механізмом, і у разі перевищення останньої, вимагає повторного розрахунку режимів різання [22].

Потужність різання. Спочатку розраховується ефективна потужність різання:

$$N_{\phi} = \frac{P_z \cdot V_{\phi}}{1020 \cdot 60} = 0,181 \text{ кВт}$$

Потім визначається потрібна потужність на шпінделі верстата:

$$N_p = \frac{N_{\phi}}{\eta_{ст}} = 0,226 \text{ кВт}$$

де $\eta_{ст} = 0,8$ - К.П.Д. верстата.

Основний технологічний час - час в хвилинах, що витрачається безпосередньо для зняття заданого припуску. Він визначається по формулі:

$$T_o = \frac{L}{n_{ст} \cdot S_{ст}} \cdot i,$$

де L - розрахункова довжина обробки, мм; i - кількість проходів [23].

$$L = l + l_1 + l_2, \text{ мм}$$

де l - креслярський розмір оброблюваної поверхні, мм; l_1 - величина урізування різця, мм; l_2 - величина перебігу різця, мм [23].

$$l_1 = t + ctg\varphi \text{ мм};$$

$$l_2 = (2-3)S_{ст} \text{ мм}$$

де φ - величина головного кута в плані різця [23].

3.2.2 Фрезерування

Фрезерування є ефективним способом створення поверхонь деталей за допомогою ріжучого інструменту - фрези. Цей метод включає постійний рух фрези в обертальному напрямку та поступальний рух заготовки.

Тип вживаної фрези визначається конфігурацією оброблюваною поверхні (рис.3.2). Її діаметр для скорочення основного технологічного часу вибирається по можливості найменшої величини з врахуванням схеми різання, форми і розмірів оброблюваної заготовки [14].

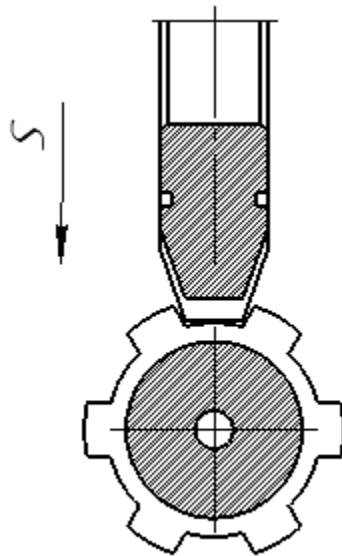


Рисунок 3.2 – Дискове фрезерування

Глибина фрезерування t і ширина фрезерування B (рис.3.2) - величини пов'язані з розмірами шару, що знімається. Параметр t вимірюється в напрямі, перпендикулярному осі фрези (за винятком торцевого фрезерування). Ширина фрезерування вимірюється перпендикулярно глибині [18].

Глибина різання при припуску на обробку до 5 мм, як правило, приймається рівною припуску. Інакше призначається декілька проходів. При чистовому фрезеруванні, частіше всього $t = 1-1,5$ мм [18].

Подача. При фрезеруванні розрізняються подача на один зуб фрези S_z , мм/зуб; подача на один оборот $S_o = S_z z$ мм/об і хвилинна подача $S_m = S_z n z$ мм/мін, де n - частота обертання фрези, 1/мін; z - число зубів фрези [18].

При чорновому фрезеруванні початковою величиною подачі є подача на зуб $S_z=S_0/z$.

Швидкість різання визначається за формулою:

$$V_p = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^n \cdot Z^p} \cdot K_v = 65,5 \text{ м/хв}$$

де K_v - спільний поправочний коефіцієнт; T - період стійкості фрези, хв [18].

Спільний поправочний коефіцієнт на швидкість різання:

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{ПВ} \cdot K_{NV} = 0,72$$

де K_{MV} - коефіцієнт, що враховує оброблюваний матеріал; $K_{ПВ}$ - коефіцієнт, що враховує стан поверхні; K_{NV} - коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту.

Коефіцієнт K_{MV} розраховується по формулах:

при обробці сірого чавуну:

$$K_{MV} = \left(\frac{1900}{HB}\right)^{-0,9}$$

де HB - твердість матеріалу заготовки, Мпа [18].

При обробці мідних сплавів приймати $K_{MV}=1,7-2,0$, а при обробці алюмінієвих сплавів - $K_{MV}=0,8-1,2$ [18].

Після розрахунку швидкості різання, визначається частота обертання шпинделя:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V_p}{\pi \cdot D} = 1600$$

де $D = 11$ - діаметр фрези, мм [18].

Значення n_p коректується за паспортними даними прийнятого верстата і приймається найближчий менший ступінь $n_{ст}$ так, щоб $n_{ст} \leq n_p$. У подальших розрахунках використовується тільки $n_{ст}$ [18].

Після коректування частоти обертання шпинделя, визначається фактична швидкість різання:

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{ст}}{1000} = 55,3$$

У подальших розрахунках використовується тільки V_{ϕ} [24].

Сила різання. Головна складова сили різання при фрезеруванні - окружна сила, Н:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z}{D^q \cdot n_{\text{ст}}^w} \cdot K_{\text{мр}} = 285$$

де $K_{\text{мр}}$ - поправочний коефіцієнт на якість оброблюваного матеріалу [18].

Після розрахунку P_z встановлюється можливість її реалізації на вилайливому верстаті. Для цього визначається сила P_x , яка порівнюється по паспорту верстата з допустимою силою подачі P_x доп [18].

Для циліндрових дискових, прорізних і відрізних фрез

$$P_x = (1,1-1,2)P_z = 313 \text{ [18].}$$

Необхідно, щоб $P_x \leq P_x \text{ доп}$.

Потужність різання, кВт. Спочатку розраховується ефективна потужність різання:

$$N_{\epsilon} = \frac{P_z \cdot V_{\text{ст}}}{1020 \cdot 60} = 256$$

а потім визначається потрібна потужність на шпинделі верстата:

$$N_{\pi} = \frac{N_{\epsilon}}{\eta} = 341$$

де η - ККД верстата [18].

Для виводів про ефективність розрахованих режимів встановлюється коефіцієнт використання верстата по потужності:

$$K = \frac{N_{\pi}}{N_{\text{ст}}} = 1,33$$

де $N_{\text{ст}}$ - потужність головного електродвигуна верстата, кВт.

Значення K не повинні перевищувати одиниці. Найбільш раціональне значення

$$K = 0,85-0,9.$$

В разі істотного відхилення коефіцієнта від раціональних величин розрахунок режимів слід здійснити знов, скоректувавши при цьому параметри що приймаються автором (t , S , тип верстата і ін.) [18].

Основний технологічний час визначається за формулою:

$$T_o = \frac{L}{S_M} \cdot i$$

де L - розрахункова довжина оброблюваної поверхні, мм; S_M - хвилинна подача мм/хв; i - число проходів [18].

$$L = l + l_1 + l_2$$

де l - креслярська довжина оброблюваної поверхні, мм; l_1 - величина урізування, мм:

при фрезеруванні циліндровою і дисковою фрезами

$$l_1 = \sqrt{t(D - t)}$$

а при фрезеруванні фрезою торця - $l_1 = D$. l_2 - величина перебега, мм: при використанні циліндрової і дискової фрези $l_2 = 2-5$ мм; при торці - $l_2 = 2-4$ мм.

3.2.3. Шліфування

У процесі зовнішнього круглого шліфування (рис. 3.3), круг, який обертається навколо своєї осі, здійснює головний рух. Заготовка у формі циліндра обертається паралельно осі круга. Зовнішні поверхні круга та заготовки мають спільний дотичний контур. Лінійні швидкості точок шліфувального круга і заготовки можуть бути напрямлені в один або протилежний бік, але у будь-якому випадку швидкості точок на крузі значно перевищують швидкості точок на заготовці.

Заготовці надають зворотно-поступальний рух подовжньої подачі $S_{пр}$. Після закінчення циклу зворотно-поступального руху подовжньої подачі діє

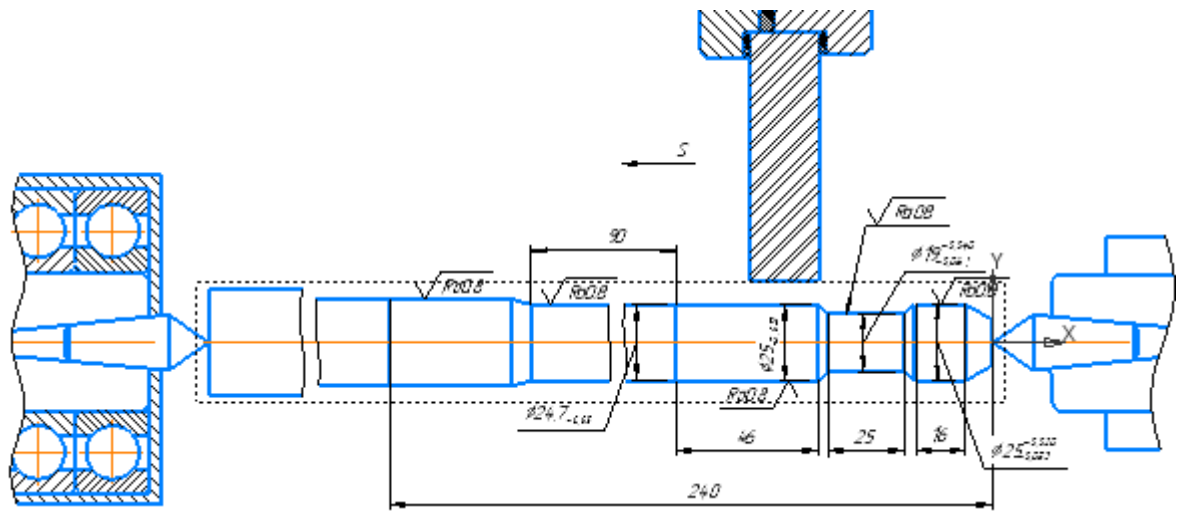


Рисунок 3.3 – Шліфування зовнішнє кругле

Подовжня подача $S_{пр}$, мм - це переміщення оброблюваної деталі уздовж її осі за один оборот. Вона визначається по формулі:

$$S_{\text{пр}} = B \cdot \beta = 120 \cdot 0,45 = 54$$

де В - ширина шліфувального круга, мм; β - розрахунковий коефіцієнт [19].

Частота обертання деталі круга. Перш ніж розрахувати частоту обертання деталі, необхідно визначити її розрахункову швидкість обертання:

$$V_D = \frac{C_V \cdot D_D^K}{T^m \cdot t^x \cdot \beta} = \frac{0,24 * 34^{0,3}}{35 * 0,015 * 0,45} = 24 \text{ м/хв}$$

де D_d - діаметр шліфованої поверхні, мм; T - стійкість шліфувального круга (30-45 хв.) [19].

Розрахункова частота обертання деталі:

$$n_{\text{Д}} = \frac{1000 \cdot V_{\text{Д}}}{\pi \cdot D_{\text{Д}}} = 225$$

Необхідно, щоб n_d знаходилася в межах, вказаних в паспортних даних вибраного верстата [19].

Визначається швидкість обертання шліфувального круга:

$$V_K = \frac{\pi \cdot D_K \cdot n_K}{1000} = 716$$

де D_K - діаметр шліфувального круга, мм; n_K - частота обертання шліфувального круга, 1/хв (приймається по паспорту верстата).

Швидкість переміщення столу визначається по формулі:

$$V_c = \frac{S_{пр} \cdot n_d}{1000} = 12,3 \text{ м/хв}$$

Набутого значення V_c повинне знаходитися в межах швидкостей переміщення столу, вказаних в паспорті вибраного верстата. Інакше, необхідно провести коректування $S_{пр}$ і n_d [18].

Сили різання та потужність. Тангенційна сила різання, Н:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot V_d^u \cdot S_{пр}^x \cdot t^y = 360$$

Ефективна потужність обертання шліфувального кола визначається за формулою:

$$N_{\epsilon K} = \frac{P_z \cdot V_K}{1020 \cdot 60} = 4,821$$

Потрібна потужність на обертання шліфувального кола:

$$N_{пк} = \frac{N_{\epsilon K}}{\eta} = 5,25$$

де η - к.п.д. шліфувального верстата за паспортними даними верстата [19].

Коефіцієнт використання верстата по потужності:

$$K = \frac{N_{пк}}{N_{ст}} = 1,25$$

де $N_{ст}$ - потужність електродвигуна головного руху, кВт [19].

Основний технологічний час, визначається по формулі:

$$T_o = \frac{2L \cdot h}{n_d \cdot S_{пр} \cdot t} \cdot K$$

де L - довжина подовжнього ходу деталі, мм; h - припуск на обробку, мм;

K - коефіцієнт, що враховує точність шліфування і знос круга. При чорновому шліфуванні $K = 1,3-1,4$; при чистовому - $D_0 = 1,3-1,7$ [19].

$$L = l + B$$

де l - довжина оброблюваної поверхні, мм; B - ширина круга, мм.

3.3. Визначення допустимого діаметру заточувального круга

Заточка внутрішніх протяжок виконується шляхом обробки конічної передньої поверхні. Зображена на рисунку 3.4, схема демонструє, як передня конічна поверхня зуба протяжки стикається з шліфувальним кругом. Осі шліфувального круга та протяжки перетинаються.

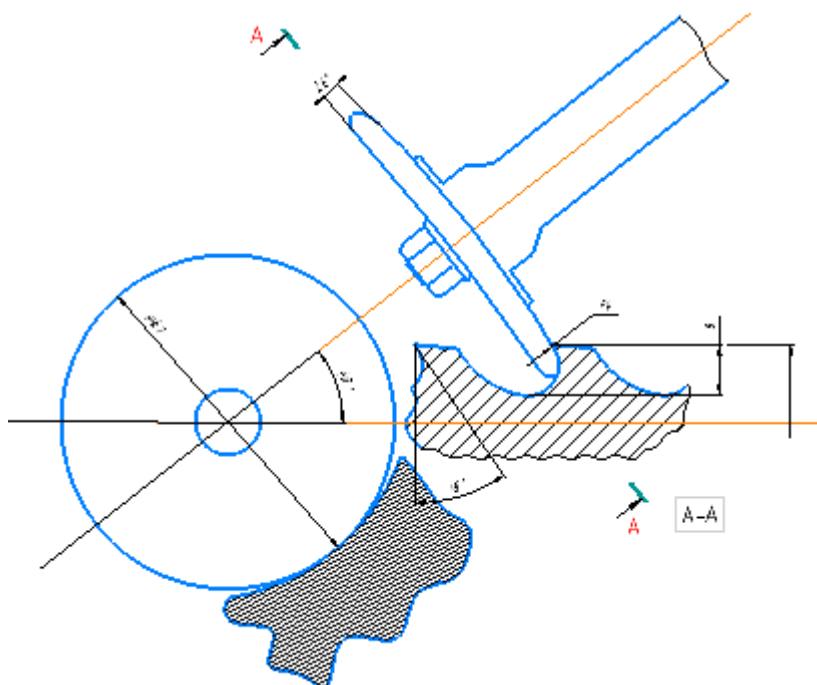


Рисунок 3.4 – Схема заточки протяжки

Відповідні кути, які враховують кут між ними та кут профілю кола, обираються таким чином, щоб забезпечити отримання заданою величини переднього кута γ розглянутими кутами існує залежність:

$$\varphi = \beta - \gamma = 40 - 14 = 26^\circ$$

де β - кут між осями кола і протяжки; γ - передній кут; φ - кут профілю круга між утворюючим конусом кола і його торцевою площиною.

Під час заточування протяжок, важливо ретельно підібрати діаметр шліфувального круга. Цей діаметр повинен бути обраним таким чином, щоб уникнути врізання круга в поверхню деталі. Схема графічного визначення допустимого діаметра шліфувального круга наведена на рис. 3.5 [20].

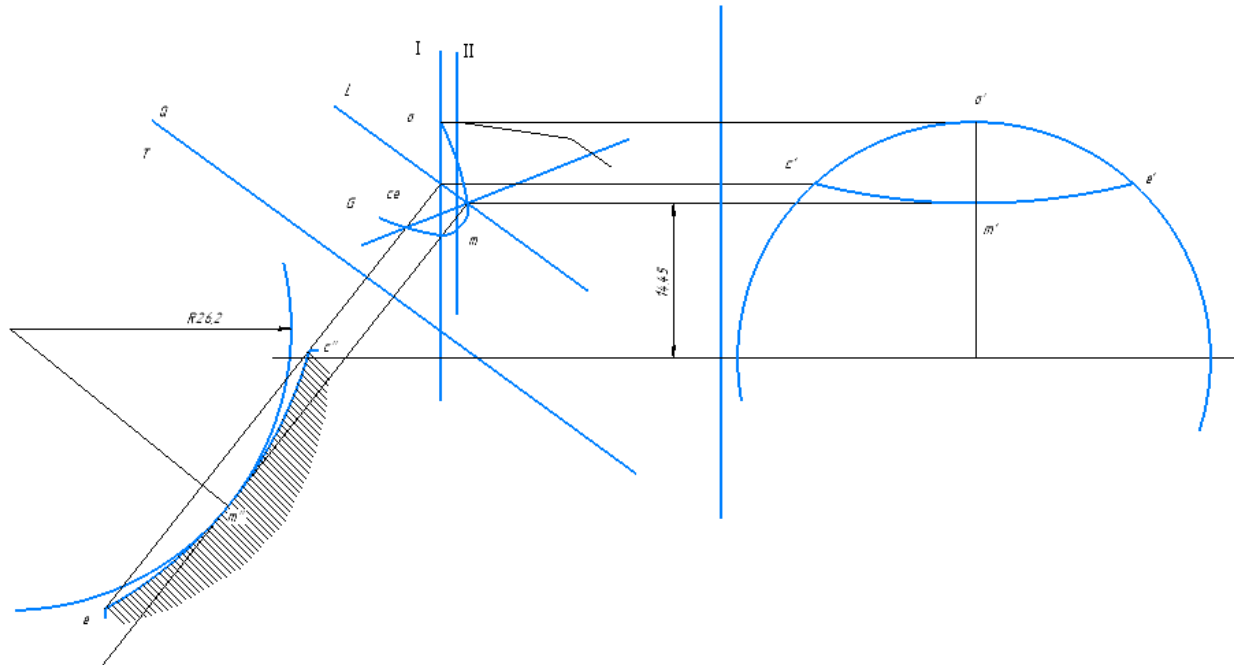


Рисунок 3.5 – Схема для визначення допустимого діаметра кола

В цій схемі зображена конічна передня поверхня протяжки, а також проведено перпендикулярну осі шліфувального круга лінію LL, яка перетинається з точкою M на профілі зуба. Точка M є граничною точкою конічної передньої поверхні. Нижче точки M знаходиться закруглена ділянка профілю. Для знаходження лінії перетину між перерізом LL та передньою конічною поверхнею протяжки використовують плоскі перерізи I-I, II-II, які перпендикулярні до осі протяжки. Початковою точкою лінії перетину є точка M на профілі зуба, через яку проведений переріз LL. Для знаходження наступних точок розглядаються інші плоскі перерізи, які також перпендикулярні до осі протяжки.

Таким чином перетин I-I перетинається з конічною передньою поверхнею по колу CAE (її проекції в системі Q/R будуть c, a, e та c', a', e'). Цей перетин

перетинається з площиною L по прямій CE. Точки C і E, що перетинають коло CAE та пряму CE, знаходяться на лінії перетину площини L та передньої поверхні зуба.

Таким же способом в системі Q/R можна знайти інші точки розглянутої лінії SME. Знаючи проекції s m e та s'' m'' e'' лінії SME в системі Q/R, за допомогою правил зміни площин проекцій визначають проекцію s'' m'' e'' лінії SME на площину T, яка перпендикулярна до осі шліфувального круга і паралельна площині LL. Площина LL перетинається з кінчною поверхнею кола, і це перетинання правильно проектується на величину T [20].

При аналітичному розв'язанні задачі радіус R_K кола можна визначити з умови його рівності радіусу R_N кривизни кривої s'' a'' e'' у точці m'' . За теоремою Мен'єра радіус кривизни передніх кінчної поверхні в перерізі GG, проведеному через точку M перпендикулярно до AM,

$$R_s = \frac{R_1}{\sin \gamma} = \frac{0,85D}{\sin \gamma} = 14,45$$

де R_1 – радіус точки M, тобто відстань від неї до осі протяжки [26].

Аналогічна залежність має місце між радіусами кривизни R_s та R_N :

$$R_s = \frac{R_N}{\sin (\beta - \gamma)} = 60 \text{ мм}$$

Отже:

$$\frac{R_1}{\sin \gamma} = \frac{R_N}{\sin (\beta - \gamma)}$$

Звідси:

$$R_N = \frac{R_1 \sin (\beta - \gamma)}{\sin \gamma} = 26,2 \text{ мм}$$

Діаметр шліфувального круга при заточенні протяжки по передній кінчій поверхні визначається за:

$$D_K \leq \frac{0,85D \sin (\beta - \gamma)}{\sin \gamma}$$

де D – діаметр протяжки [20].

4. ПРОЕКТУВАННЯ ЗАСОБІВ КОНТРОЛЮ

Під час виготовлення протяжки чи шліцьового отвору в деталі необхідною є операція контролю геометричних параметрів виробу. Спроекуємо калібр пробка для контролю шліцьового отвору в деталі та контрольне пристосування для контролю радіального биття зубців протяжки під час виготовлення та переточок.

4.1. Розробка шліцьового калібра

Калібрами називаються засоби вимірювання у вигляді міри, що мають форму поверхні, протилежну (зворотну) до контролюваного об'єкта [21].

На виробництві широко використовують калібри для контролю гладких, шліцьових, шпонкових, різьбових з'єднань, а також калібри для контролю допусків розташування поверхонь.

Контроль шліцьових деталей здійснюють за допомогою комплексних прохідних калібрів, а також поелементно шляхом використання непрохідних калібрів або універсальних засобів вимірювання. Шліцьовий отвір вважають придатним, коли комплексний калібр-пробка (рис.4.1) проходить, а зовнішній діаметр D , внутрішній діаметр d та ширина западини b не виходять за встановлені верхні межі [21].

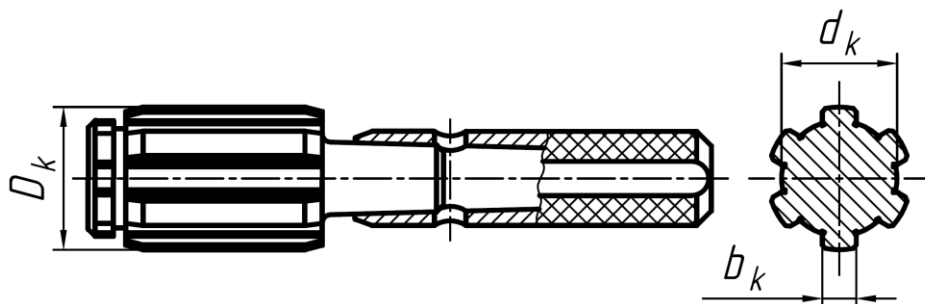


Рисунок 4.1 – Прохідний шліцьовий калібр-пробка

Формули для розрахунку розмірів калібрів D_k , d_k , b_k (рис.4.1), допуски та величини, які визначають положення полів допусків цих розмірів калібрів встановлені ГОСТ 7951- 80 [22]. Конструкції, розміри та технічні вимоги до калібрів наведені в ГОСТ 24960-81 [21].

Таблиця 4.1 – Умовні позначення

d	номінальний внутрішній діаметр вала і втулки;
D	номінальний зовнішній діаметр вала і втулки;
b	номінальна товщина зуба вала, ширина паза втулки;
d_k	номінальний внутрішній діаметр калібра-пробки і калібра-кільця;
D_k	номінальний зовнішній діаметр калібра-пробки і калібра-кільця;
b_k	номінальна товщина зуба калібра-пробки і ширина паза калібра-кільця;
d_{k-w}	граничні розміри зношених внутрішніх діаметрів калібра-пробки і калібра-кільця;
D_{k-w}	граничні розміри зношених зовнішніх діаметрів калібра-пробки і калібра-кільця;
b_{k-w}	граничні розміри зношеної товщини зуба калібра-пробки і зношеної ширини калібра-кільця;
d_{max}	найбільший діаметр d вала;
d_{min}	найменший діаметр d втулки;
D_{max}	найбільший діаметр D вала;
D_{min}	найменший діаметр D втулки;
b_{max}	найбільша товщина зуба;
b_{min}	найменша ширина паза;
H_d, H_D	допуски на виготовлення калібра-пробки за центруючими діаметрами d і D ;
H_{1d}, H_{1D}	допуски на виготовлення калібра-кільця за центруючими діаметрами d і D ;
H_b, H_{1b}	допуски на виготовлення відповідно калібра-пробки та калібра-кільця за розміром b ;
$H_{D'}, H_{1D'}$	допуск на виготовлення калібра-пробки та калібра-кільця за нецентруючим діаметром D ;
Y_d, Y_D, Y_b	допустимий вихід розміру зношеного калібра-пробки за межі поля допуску втулки;
$Z_d, Z_D, Z_b, Z_{D'}$	відстань від середини поля допуску на виготовлення калібра-пробки до відповідного найменшого граничного розміру втулки;

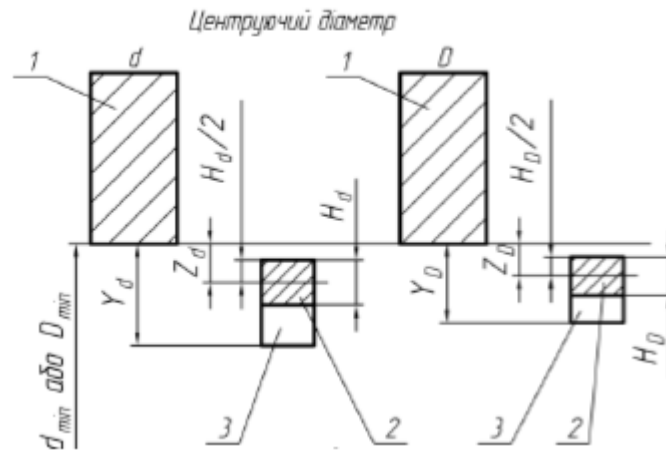


Рисунок 4.2 – Схеми полів допусків внутрішнього d_k та зовнішнього D_k діаметрів калібра-пробки: 1 – поле допуску центруючого діаметра d або D ;
2 – поле допуску на виготовлення калібра-пробки;
3 – поле зносу калібра-пробки [22].

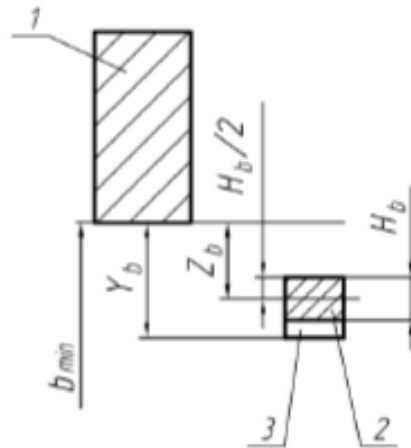


Рисунок 4.3 – Схеми полів допусків товщини зуба b_k калібра-пробки: 1 –поле допуску розміру b втулки ; 2 – поле допуску на виготовлення калібра-пробки;
3 – поле зносу калібра-пробки [22].

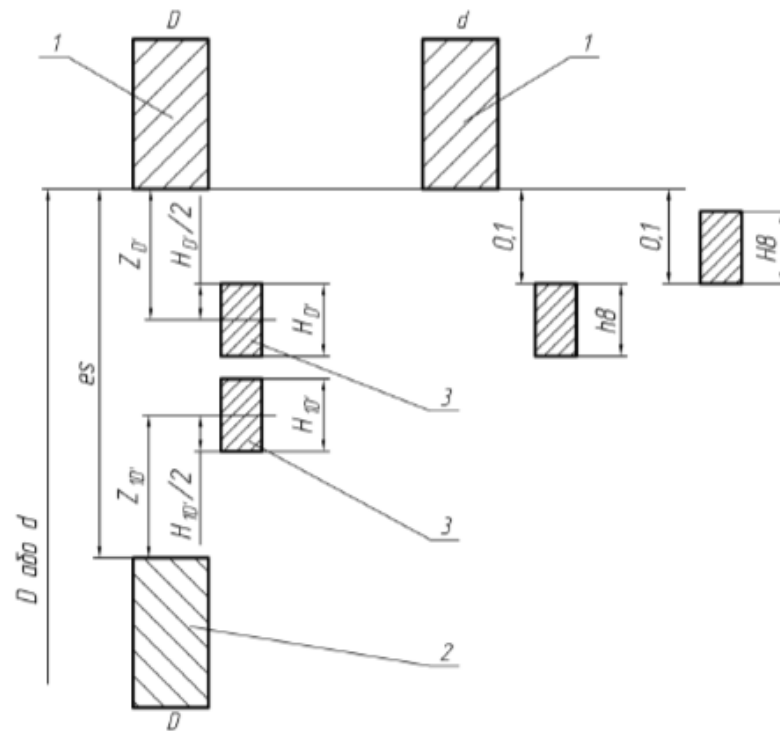


Рис. 4.4 – Схеми полів допусків калібра-пробки та калібра-кільця за нецентруючими діаметрами: 1 – поле допуску нецентруючого діаметра d або D втулки; 2 – поле допуску нецентруючого діаметра D вала; 3 – поле допуску на виготовлення калібра-пробки і калібра-кільця ; $h8$ – поле допуску внутрішнього діаметра d_k калібра-пробки; $H8$ – поле допуску d_k калібра-кільця [22].

На креслениках калібрів для контролю шліцьових прямобічних отворів та валів на ширину бічних сторін зуба калібра-пробки призначаються допуски симетричності та паралельності відносно осі поверхні d_k під час центрування по d або відносно осі поверхні D_k під час центрування по D і b (рис. 4.5) [22].

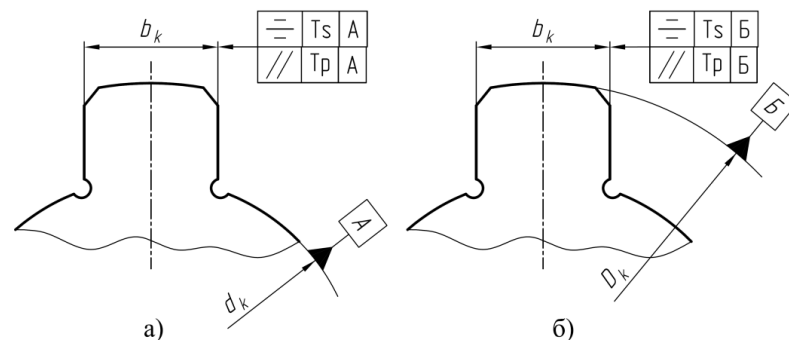


Рисунок 4.5 – Схема позначення допуску симетричності Ts та паралельності Tr зуба калібра-пробки на кресленику ; а) – центрування за d ; б) - центрування за D або b [22].

Розрахунок калібра-пробки

1. Розрахунок розмірів калібра-пробки для контролю шліцьової втулки:

D - 6×28×34×7D9.

Граничні відхилення та допуски втулки:

- За центруючим діаметром D - Ø34H11: EI=0, IT=160 мкм,
ES = 160 мкм
- За нецентруючим діаметром d - Ø28H8: EI=0, IT=33 мкм, ES=33 мкм
- За шириною паза b 7D9: EI=40 мкм, IT=36 мкм, ES=76 мкм

Числові значення відхилень та допусків калібра-пробки за ГОСТ 7951-80:

- Для центруючого діаметра d_k : $Z_d = 8,5$ мкм, $H_d = 7$ мкм, $Y_d = 19$ мкм
- Для центруючого діаметра D_k : $I_D = 7$ мкм, $H_D = 4$ мкм, $Y_D = 13$ мкм
- Для розміру b_k : $Z_b = 12$ мкм, $H_b = 4$ мкм, $Y_b = 18$ мкм

Розрахунок найбільших граничних розмірів:

$$d_{k \max} = d_{\min} - Z_d + \frac{H_d}{2} = 28 - 0,0085 + 0,002 = 27,995 \text{ мм}$$

$$d_{k \max} = D - Z_D + \frac{H_D}{2} = 34 - 0,007 + 0,002 = 33,995 \text{ мм}$$

$$b_{k \max} = b_{\min} - Z_b + \frac{H_b}{2} = 12 - 0,0040 - 0,012 + 0,002 = 7,03 \text{ мм}$$

Розрахунок границь зносу калібра-пробки:

- Для зовнішнього діаметра D_{k-W} : $D_{k-W} = D_{\min} - Y_D = 34 - 0,013 = 33,987 \text{ мм};$
- Для внутрішнього діаметру d_k : $d = d_{\min} - Y_d = 27,981$
- Для розміру b_{k-W} : $b_{k-W} = b_{\min} - Y_b = 7,040 - 0,018 = 7,024 \text{ мм}$

Виконавчі розміри калібра-пробки:

- Зовнішнього діаметра D_k : Ø27,955_{-0,005}
- Внутрішнього діаметра d_k : Ø33,955_{-0,005}
- Розміру b_k : 7,03_{-0,005}

Допуски розташування зуба калібра:

- Допуск симетричності TPS=12 мкм, Допуск паралельності TPA=8 мкм.

За розрахованими даними на основі ГОСТ 24960-81 розроблюємо кресленик робочої частини комплексного калібра-пробки (рис.4.6)

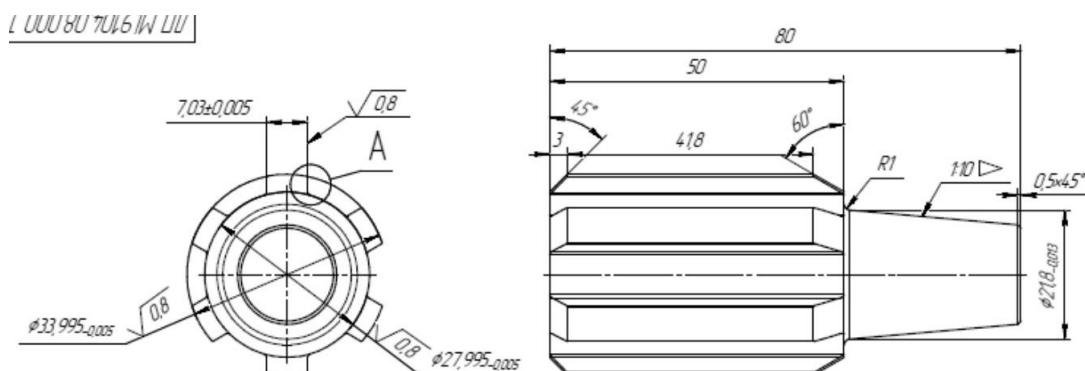


Рисунок 4.6 – Схема шліцьового калібра-пробки

Ручку для калібра-пробки розробляємо за ГОСТ 14748-69 [23], (рис. 4.7).

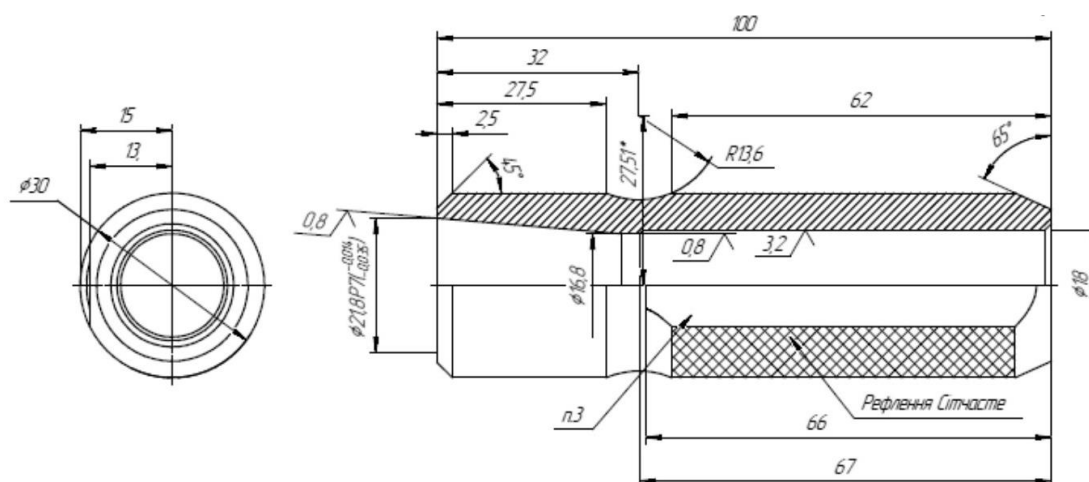


Рисунок 4.7 – Ручка для калібра-пробки

4.2. Пристосування контролю радіального биття протяжки

Контроль протяжок після заточування здійснюють за допомогою мікрометрів типів МК та МКЦ, а також важільних мікрометрів типів МР та МРІ.

Для контролю радіального биття елементів протяжки використовуємо таке пристосування (рис. 4.8.)

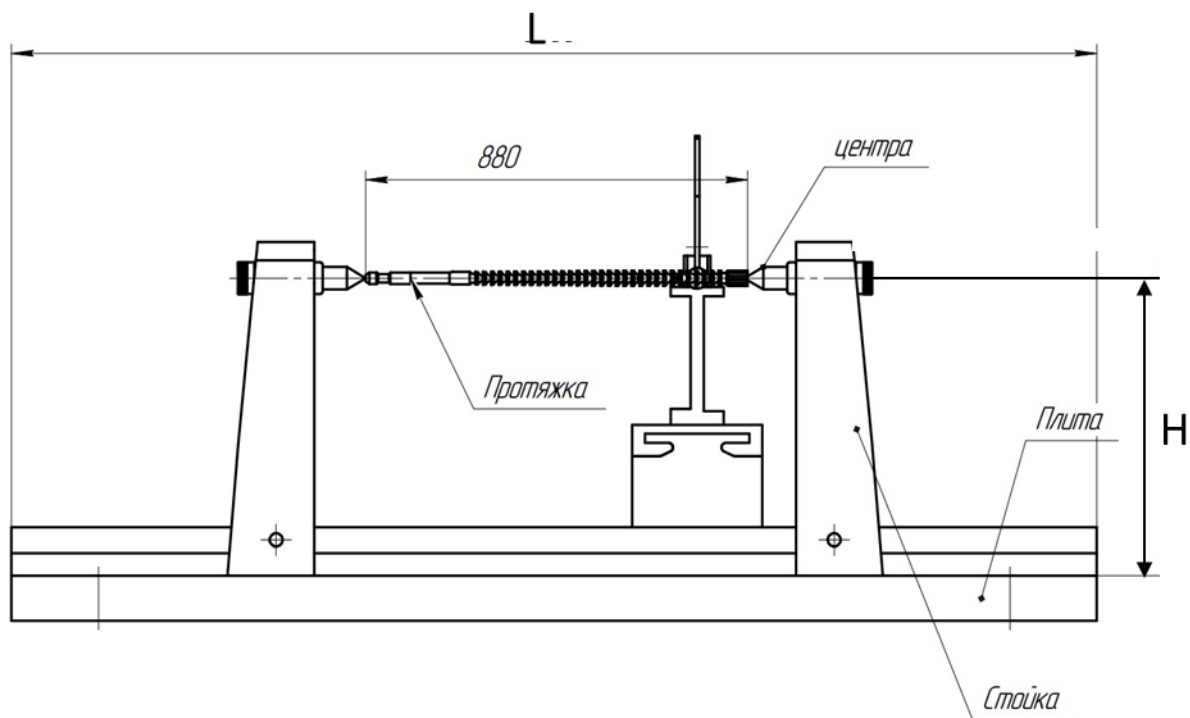


Рисунок 4.8 – Схема пристосування для контролю радіального биття

Пристосування складається з плити у пазах якої розміщено два центри. Центри можуть пересуватися вздовж пазів, а в потрібному положенні вони фіксуються гвинтами. В центрах розміщують протяжку. До зубців протяжки підводять індикатор і створюють невеликий натяг. Протяжці від руки надають обертання і фіксують найбільше і найменше відхилення стрілки індикатора. Різниця найбільшого і найменшого положень це і є радіальне биття, яке порівнюють з допустимим.

Список використаних джерел

1. Мархель І.І. Деталі машин: Навчальний посібник. – К.: Алурта, 2005.- 368 с.
2. Допуски, посадки та технічні вимірювання. Практикум. Частина 2 [Текст] : навч. посібн. / Ю.І. Адаменко, О.М. Герасимчук, С.В. Майданюк, Н.В. Мініцька, В.А. Пасічник, О.А. Плівак. – Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2016. – 188 с. ISBN 978-966-286-097-9.
3. 100-1 [100-1] Скудин Г.И., Никитин В.Н. Шлицевые соединения. – М.: Машиностроение, 1981. – 128 с.
4. А.с. СССР 95964 Шлицевая протяжка прогрессивного резания: Класс 49с,8/04. (B23D 43/02). Туляков Л.Д., Ижорин Л.В.
5. А.с. СССР 280187 Шлицевая протяжка: Класс 49с,8/04. (B23D 43/02). Петров А.Д. Оpubл. 20.08.1970, Бюл. 27.
6. А.с. СССР 655483 Шлицевая протяжка: М.К2 B23D 43/02. Гаев И.В., Коронный С.Г., Большакова И.В. Оpubл. 05.04.79, Бюл. 13.
7. А.с. СССР 975262 Шлицевая протяжка: М.К3 B23D 43/02. Гаев И.В., Колганов Л.А., Хроленко Т.И. Оpubл. 23.11.82, Бюл. 43.
8. Патент UA 26876 Протяжка для швидкісної обробки. МПК (2002) B23D 43/00. Осадчий О.В. 10.10.2007.
9. Патент UA 59351 Збірна протяжка. МПК (2011.01) B23D 43/00. Кожухар В.В., Юрчишин О.Я. 10.05.2011, Бюл. №9, 2011 р.
10. Составной режущий инструмент / К.П. Имшенник, Ю.В. Коротков, И.Н. Иванов, Н.И. Фомичев; Под общ. ред. К.П. Имшенника. – М.: Машиностроение, 1995. – 208 с.
11. ГОСТ 24818-81 Протяжки для шестишлицевых отверстий с прямобочным профилем с центрированием по наружному диаметру комбинированные переменного резания. Конструкция и размеры.
12. ГОСТ 24819-81 Протяжки для шестишлицевых отверстий с прямобочным профилем с центрированием по наружному диаметру

комбинированные переменного резания. Двухпроходные. Конструкция и размеры

13. Проектування металорізальних інструментів : Навч. посіб. / Солодкий В.І., Плівак О.А., Майданюк С.В. – Київ : НТУУ КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 170 с.

14. Маргулис Д.К. Протяжки для обработки отверстий. – М. : Машиностроение. – 1986. – 232 с.

15. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни „Різальні інструменти” та тему «Розрахунок комбінованої протяжки для обробки шліцевої втулки» / Укл.: Кисельова І.В. – Донецьк: ДонНТУ, 2008. – 24 с.

16. ГОСТ 4044-70 Хвостовики круглые для протяжек. Типы и основные размеры.

17. Панов А.А. и др. Обработка металлов резанием: Справочник технолога. М.: Машиностроение, 1988. - 736 с.

18. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т./ Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова – 4-е издательство, перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985.

19. Горбунов Б.И. Обработка металлов резанием, металлорежущие инструменты и станки. – М.: Машиностроение, 1981 -287 с.

20. Родин П.Р. Металлорежущие инструменты. К.: Вища школа., 1986. – 456 с.

21. ГОСТ 24960-81 Калибры комплексные для контроля шлицевых прямобоочных соединений. Виды, основные размеры

22. ГОСТ 7951-80 Калибры для контроля шлицевых прямобоочных соединений. Допуски.

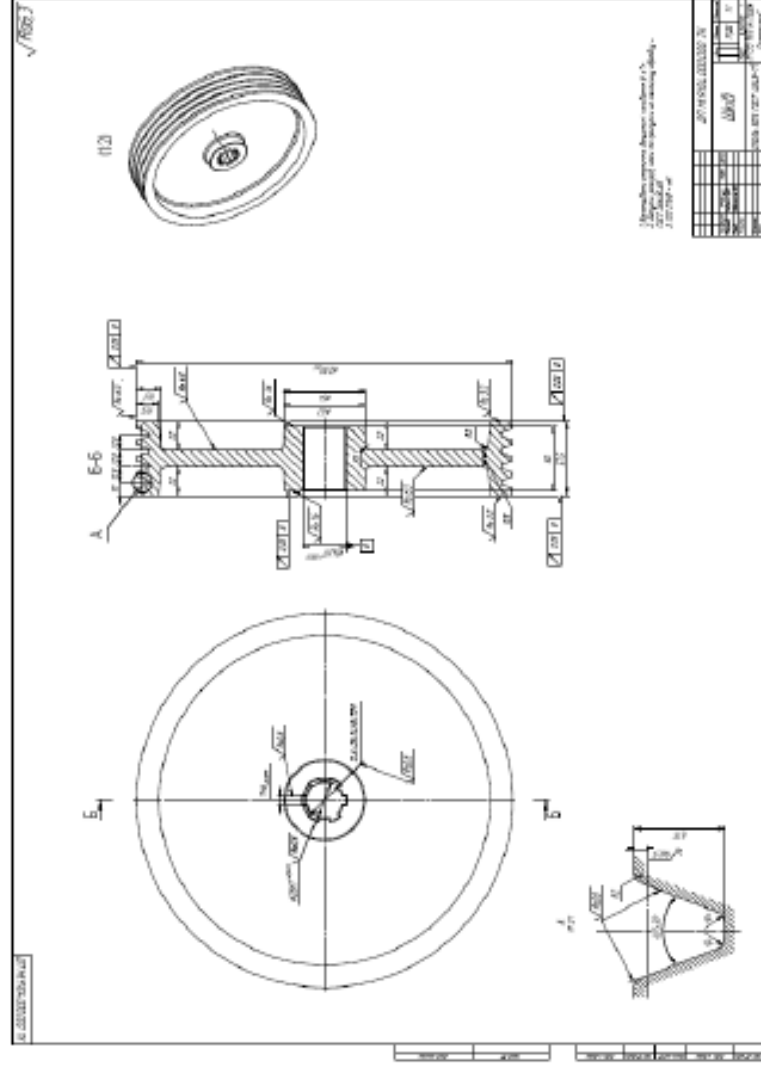
23. ГОСТ 14748-69 Ручки круглые и шестигранные для калибров-пробок.

ДОДАТКИ

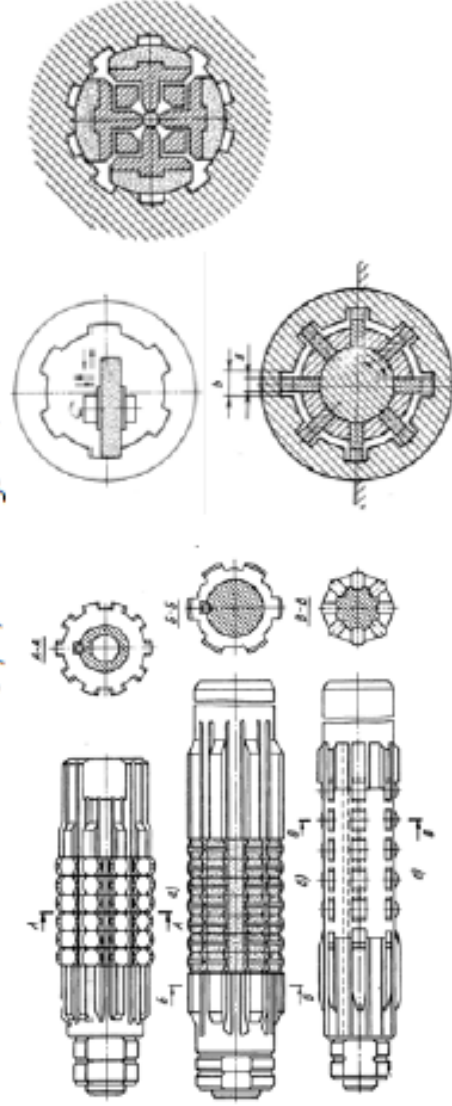
Вихідні дані до дипломного проекту

Технологія виготовлення отвору

- 1) Передня обробка отвору:
 - сверління;
- 2) Збільшення діаметра отвору:
 - розсвердлювання;
 - розточування;
 - зенкерування;
- 3) Обробка шліців:
 - зубодобування фасонним різцем за методом ділення;
 - зубодобування спеціальним добоочем за методом обкатки;
 - протязування різальною протязкою;
 - протязування різально-деформуючою протязкою;
 - протязування шпонковою протязкою;
- 4) Термічна обробка
- 5) Відновлення поверхонь:
 - протязування;
 - доручування;
 - електрохімічне калібрування;
 - шліфування;
 - хонінгування;
 - алмазне вібраційне хонінгування



- Умови виробництва
1. Отвір D-6x28x34H8x7D9
 2. Довжина отвору l=50 мм
 3. Обробальний матеріал: сталь 50X
 4. Серійність: виробництво серійне



Аналіз конструктивних елементів протяжок

1. За способом центрування:

- 1.1. По зовнішньому діаметру.
- 1.2. По внутрішньому діаметру.
- 1.3. По ширині шліца.

2. За кількістю проходів:

- 2.1. Однозахідні.
- 2.2. Двозахідні.

3. За конструкцією:

- 3.1. Цільні.
- 3.2. Складені (зварювання, паяння, склеювання).
- 3.3. Збірні.

4. За місцем прикладання зусилля:

- 4.1. Протяжки.
- 4.2. Прошивки.

5. За кількістю хвостовиків:

- 5.1. 3 одним (переднім) хвостовиком.
- 5.2. 3 двома (переднім і заднім) хвостовиками.

6. За матеріалом різальної частини:

- 6.1. Стальні (леговані та швидкорізальні сталі).
- 6.2. Твердосплави.

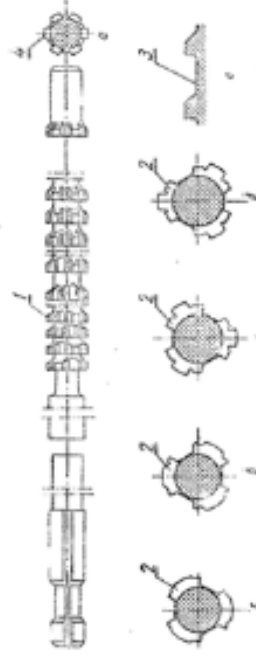
7. За схемою зрізання припуску:

- 7.1. Одноразова схема.
- 7.2. Групова схема.

8. За схемою розбілення припуску:

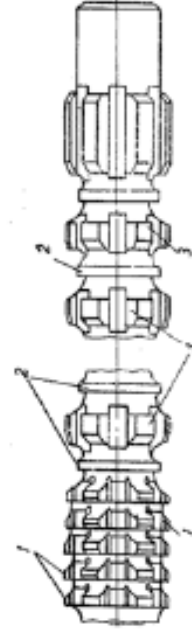
- 8.1. Спружорозбілними канавками.
- 8.2. Зміною форми зуба.

11, 21, 32, 41, 52, 61, 72, 81



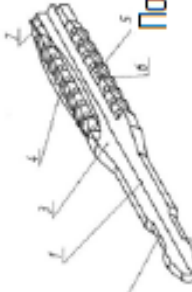
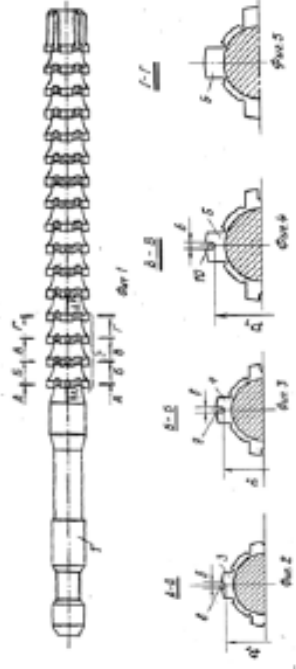
АС СРСР 95964

11, 22, 33, 41, 52, 61, 72, 82



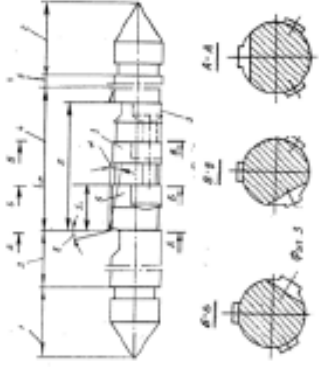
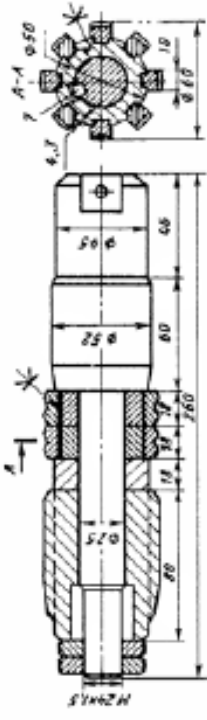
АС СРСР 280187

АС СРСР 975262

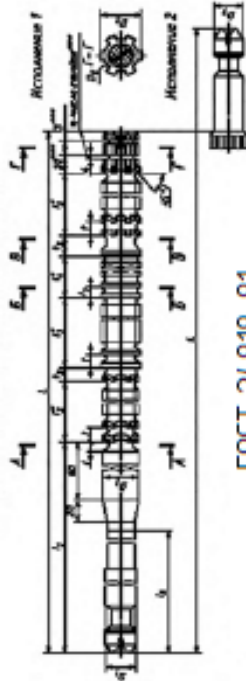


Патент UA 59351

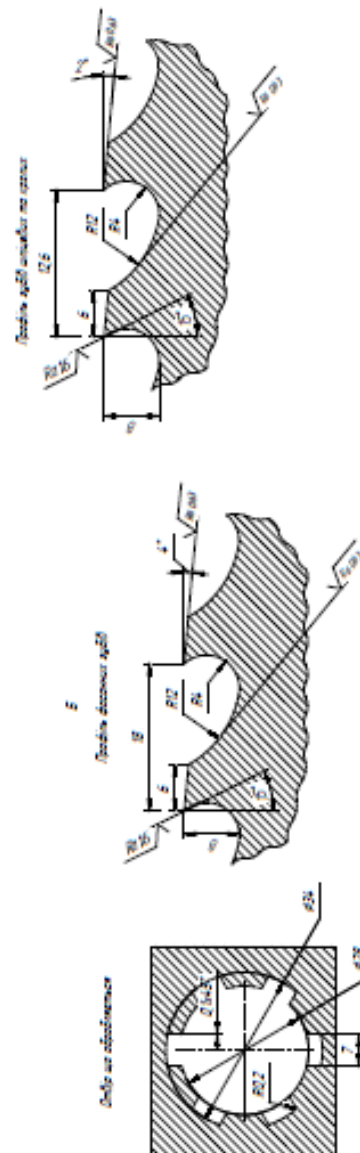
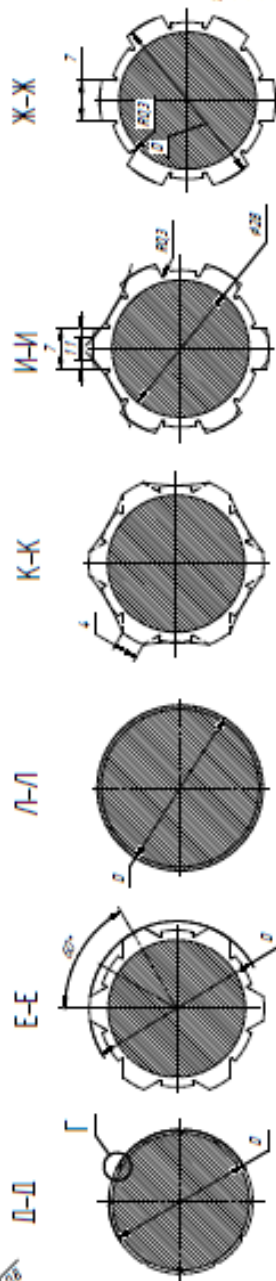
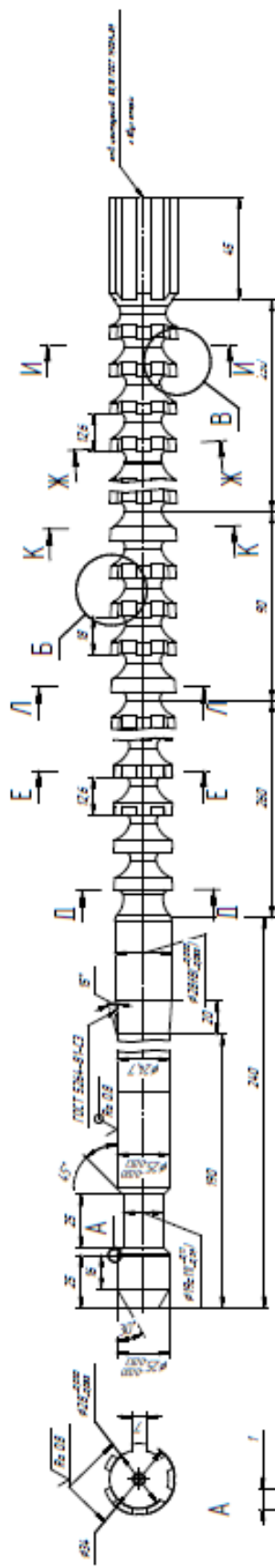
11, 21, 32, 41, 52, 61, 71, 82

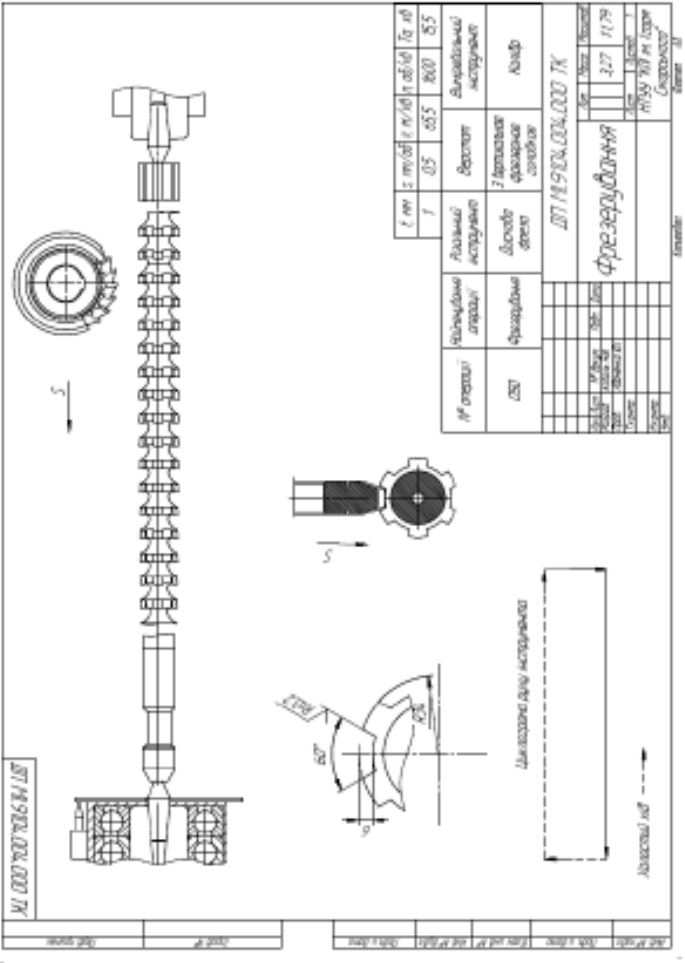
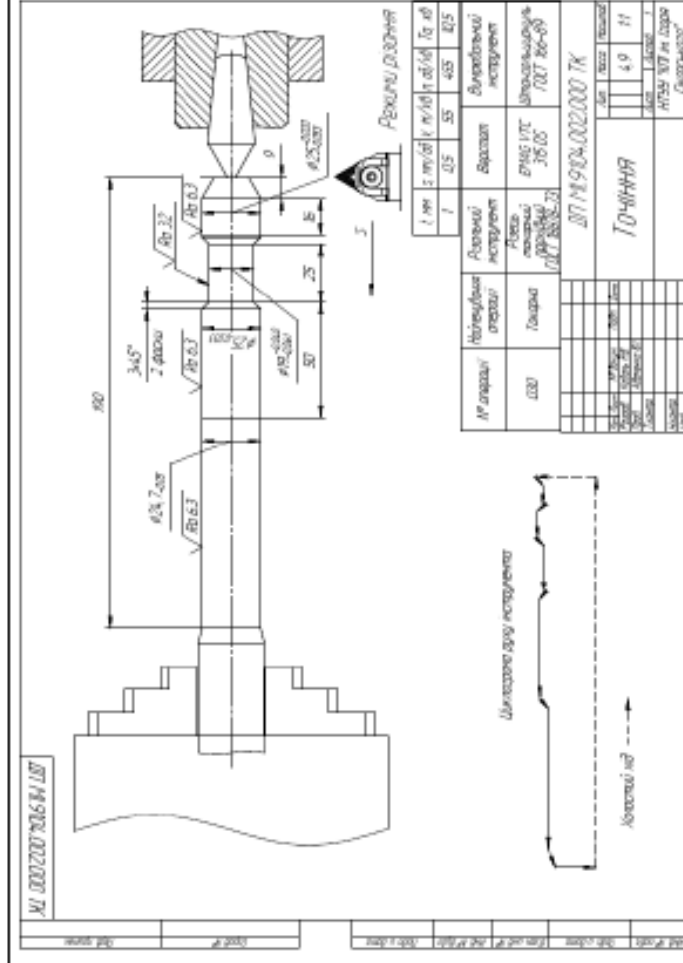
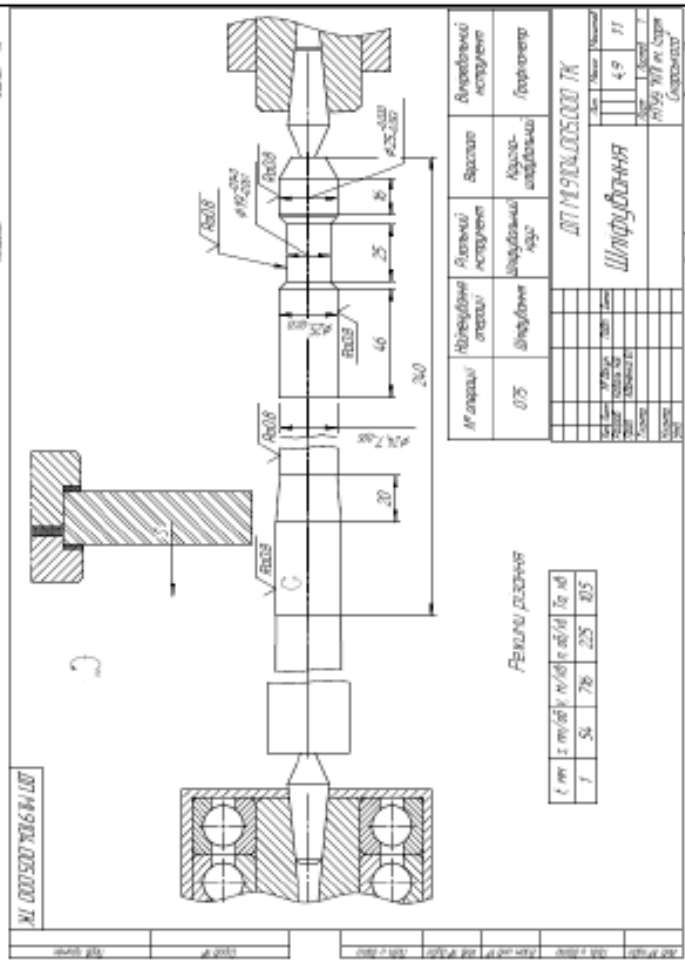
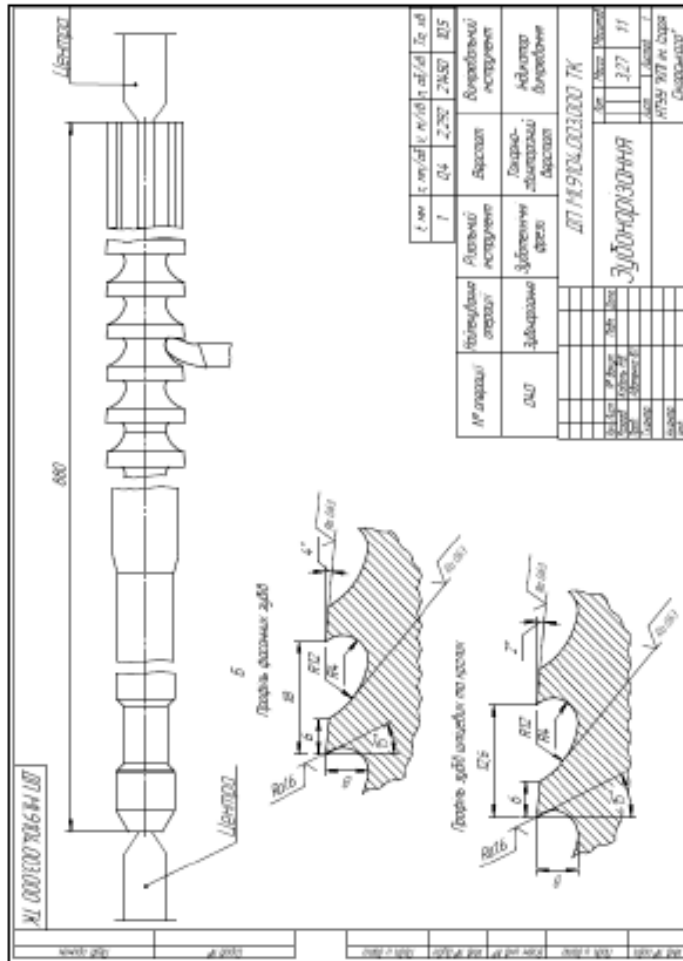


АС СРСР 655483



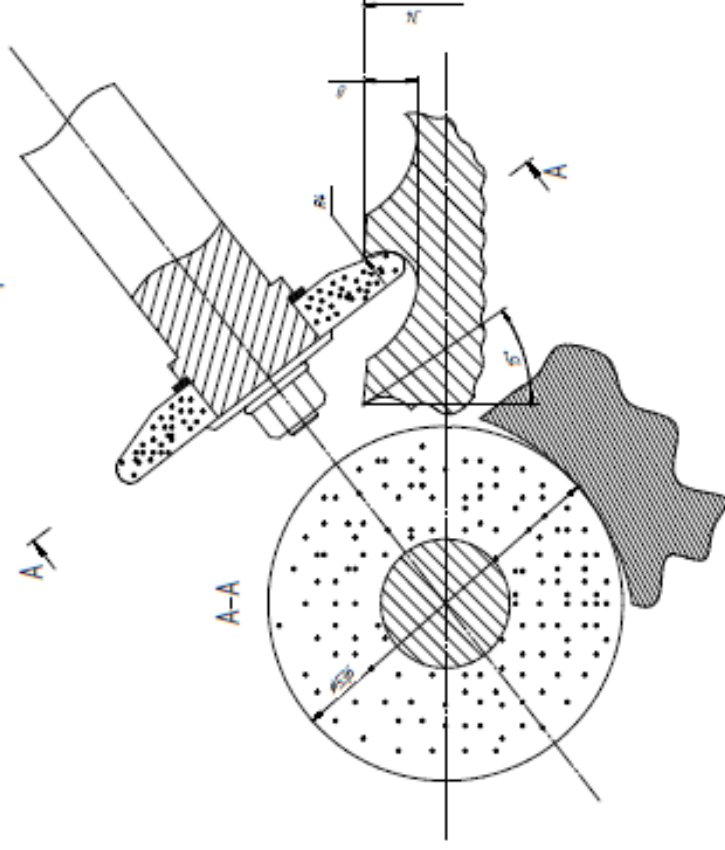
ГОСТ 24818-81

[illegible][illegible][illegible]



Визначення допустимого діаметра круга при заточуванні протязки

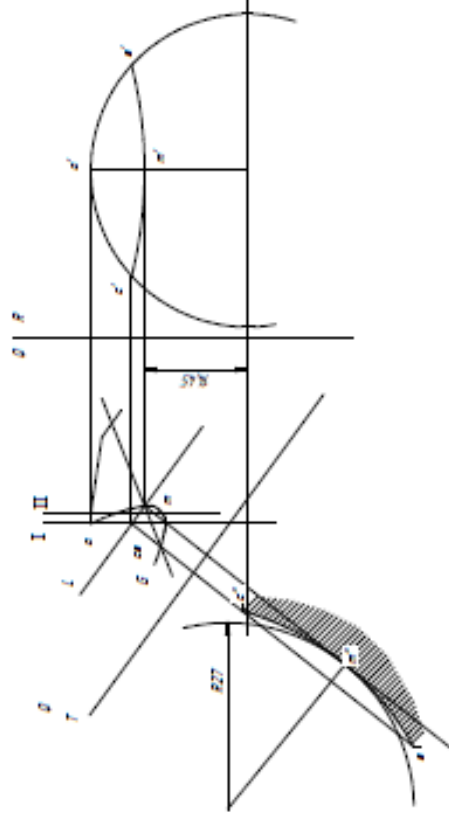
Схема заточки протязки



Вибір найбільшого допустимого діаметра шліфувального круга D , в залежності від величини переднього кута γ , діаметра протязування d , що заточується, і кута β установки шліндера заточувального верстата в мм

Діаметр протязки d	$\beta = 45^\circ$	
	Паралельно γ	В
35	14	24

Схема для визначення допустимого діаметра кола



За графічним методом, діаметр круга дорівнює 54 мм

За аналітичним методом, радіус круга визначаємо за формулою:

$$R_N = \frac{R_1 \sin(\beta - \gamma)}{\sin \gamma} = 26,8 \text{ м}$$

де R_1 – радіус точки M тобто відстань від неї до осі протязки β – кут між осями кола і протязки; γ – передній кут.

Тоді діаметр круга за аналітичним методом дорівнює 53,6 мм

