

Центральноукраїнський національний технічний університет

Механіко-технологічний факультет

Кафедра машинобудування, мехатроніки і робототехніки

«Допущено до захисту»

Завідувач кафедри ММіР

к.т.н., доцент

_____ Андрій ГРЕЧКА

« ____ » _____ 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти

на тему:

«Розробка інструмента та технологічного процесу для обробки робочої поверхні гальмового циліндра 402-3502046-20»

Виконав здобувач вищої освіти 4 курсу групи

ПМ(ТМ)-21

ОПП «Комп'ютерний інжиніринг технологій,
робототехніка і 3D-друк»

спеціальності 131 «Прикладна механіка»

_____ Олександр КИРИЧЕНКО

Керівник роботи к.т.н., ст. викладач

_____ Павло ЄРЬОМІН

Рецензент: _____

Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет	Механіко-технологічний
Кафедра	Машинобудування, мехатроніки і робототехніки
Рівень вищої освіти	перший (бакалаврський)
Галузь знань	13 Механічна інженерія
Спеціальність	131 Прикладна механіка
Освітньо-професійна програма	Комп'ютерний інжиніринг технологій, робототехніка і 3D-друк

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ММР
_____ Андрій ГРЕЧКА

« ____ » _____ 2025 р.

**ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ
ЗДОБУВАЧА**

Кириченко Олександра Сергійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Розробка інструмента та технологічного процесу для
обробки робочої поверхні гальмового циліндра 402-3502046-20

2. Керівник роботи: к.т.н., ст. викл., Павло ЄРЬОМІН

3. Строк подання роботи до захисту « ____ » червень 2025 р.

Затверджено наказом ЦНТУ від _____ 2025 року № _____

4. Мета та завдання кваліфікаційної роботи:

Метою роботи є розробка інструмента та технологічного процесу для обробки робочої поверхні гальмового циліндра 402-3502046-20, зниження трудомісткості виготовлення деталі, підвищення продуктивності праці, зменшення собівартості продукції.

Завдання:

- дослідити стан питання щодо використання комбінованого протягування при обробці отворів у деталях із чавуну;
- розробити інструмент для виконання обробки отворів у задніх гальмівних циліндрах, який оснащений твердосплавними деформуєчими та ріжучими елементами;
- розробити рекомендації по режимам обробки та методу виготовлення робочих твердосплавних елементів;
- обрати необхідне обладнання для виконання даної операції.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	При-мітка
1	Опрацювання навчальної та наукової літератури	10 квітня 2025 р.	вик.
2	Виконання загальної частини	20 квітня 2025 р.	вик.
3	Виконання технологічної частини	05 травня 2025 р.	вик.
4	Виконання конструкторської частини	10 травня 2025 р.	вик.
5	Розробка креслеників	25 травня 2025 р.	вик.
6	Усунення недоліків після перевірки керівником роботи	5 червня 2025 р.	вик.
7	Перевірка роботи на академічний плагіат	червня 2025 р.	вик.
8	Рецензування роботи	червня 2025 р.	
9	Захист кваліфікаційної роботи	червня 2025 р.	

Дата видачі завдання « ____ » _____ 2025 р.

Здобувач вищої освіти

(підпис)

Олександр КИРИЧЕНКО

Керівник роботи

(підпис)

Павло ЄРЬОМІН

АНОТАЦІЯ

Олександр Кириченко. Розробка інструмента та технологічного процесу для обробки робочої поверхні гальмового циліндра 402-3502046-20. Кваліфікаційна робота для освітнього ступеня «бакалавр»: ЦНТУ, м. Кропивницький, 2025 р. – 47 с. Матеріали презентації – креслення загальним обсягом 4 л. ф.А1.

Метою роботи є вдосконалення технологічного процесу обробки деформуючим протягуванням корпусу деталі гальмовий циліндр 402-3502046-20 для легкових автомобілів, зменшення працемісткості виготовлення корпусу, підвищення продуктивності обробки та зменшення собівартості виготовленої продукції.

Вдосконалення обробки досягається шляхом ґрунтовного аналізу існуючого технологічного процесу, виявлення його недоліків та складових, що потребують доопрацювання та покращення. Також у кваліфікаційній роботі проводиться аналіз конструкції деталі типу корпус, її матеріалу та способу отримання заготовки. У технологічній частині роботи здійснено вибір верстатного протяжного обладнання, збірної інструменту та затискних пристосувань. Виконано розрахунок натягу на окремий робочий деформуючий елемент та режимів прошивання. Конструкторська частина містить розроблену схему комбінованої збірної прошивки та затискного (установочного) пристосування для обробки робочої поверхні гальмового циліндра.

Актуальність. Розробка удосконаленого технологічного процесу та збірної прошивки для обробки робочої поверхні корпусу гальмового циліндра 402-3502046-20 є актуальною практичною задачею, тому що до теперішнього часу в Україні експлуатується значна кількість легкових автомобілів різних марок із встановленими задніми барабанними гальмовими механізмами.

Практичне значення. У кваліфікаційній роботі було виконано аналіз існуючого заводського технологічного процесу виготовлення деталі гальмовий циліндр 402-3502046-20 та запропоновані заходи щодо його вдосконалення. Разом з тим представлено розроблену конструкцію збірної комбінованої прошивки для обробки отвору циліндра та затискного пристрою для його закріплення на верстаті.

Ключові слова: технологічний процес, гальмовий циліндр, чавун, автомобіль, комбінована прошивка, механічна обробка отворів.

ABSTRACT

Oleksandr Kyrychenko. Development of a tool and technological process for machining the working surface of a brake cylinder 402-3502046-20. Qualification work for the educational degree «Bachelor»: CUNTU, Kropyvnytskyi, 2025 - 47 pages. Presentation materials - graphic drawings with a total volume of 4 sheets of A1 format.

The purpose of the work is improving the technological process of processing by deforming drawing the body of the brake cylinder part 402-3502046-20 for passenger cars, reducing the labor intensity of manufacturing the body, increasing processing productivity and reducing the cost of manufactured products.

Processing improvement is achieved through a thorough analysis of the existing technological process, identification of its shortcomings and components that require refinement and improvement. Also, the qualification work analyzes the design of the body-type part, its material and the method of obtaining the workpiece. In the technological part of the work, the selection of machine tool drawing equipment, assembly tools and clamping devices is carried out. The calculation of the tension on a separate working deforming element and the modes of flashing has been performed. The design part contains a developed scheme of a combined assembly flashing and a clamping (installation) device for processing the

working surface of the brake cylinder.

Topicality. The development of an improved technological process and assembly firmware for processing the working surface of the brake cylinder housing 402-3502046-20 is an urgent practical task, because to date, a significant number of passenger cars of various brands with installed rear drum brake mechanisms are operated in Ukraine.

Practical meaning. The qualification work analyzed the existing factory technological process for manufacturing the brake cylinder part 402-3502046-20 and proposed measures to improve it. At the same time, the developed design of the prefabricated combined firmware for processing the cylinder hole and the clamping device for fixing it on the machine tool are presented.

Key words: technological process, brake cylinder, cast iron, automobile, combined firmware, machining of holes.

Центральноукраїнський національний технічний університет
Механіко-технологічний факультет
Кафедра машинобудування, мехатроніки і робототехніки

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи на тему:

**«Розробка інструмента та технологічного процесу для обробки робочої
поверхні гальмового циліндра 402-3502046-20»**

КРБ.ПМ.25.11.01.00.00 ПЗ

Виконав здобувач вищої освіти 4 курсу
групи ПМ(ТМ)-21
ОПП «Комп'ютерний інжиніринг
технологій, робототехніка і 3D-друк»
спеціальності 131 «Прикладна механіка»

_____ Олександр КИРИЧЕНКО

Керівник роботи к.т.н., ст. викл.

_____ Павло ЄРЬОМІН

ЗМІСТ

ВСТУП	9
1 Технологічна частина. Вихідні та розрахункові дані	10
1.1 Огляд літературних джерел згідно теми роботи	10
1.2 Призначення, конструкція циліндрів для гальмових механізмів барабанного типу та аналіз їх технологічності	12
1.3 Аналіз базового технологічного процесу	15
1.4 Висновки та задачі кваліфікаційної бакалаврської роботи	17
2 Конструкторська частина. Розробка конструкції комбінованої протяжки для обробки робочої поверхні гальмового циліндра	19
2.1 Опис конструкції та принцип дії деформуюче-ріжуче-деформуючої протяжки	19
2.2 Вибір геометрії робочих елементів комбінованої протяжки і матеріалу для їх виготовлення	24
2.3. Розрахунок на міцність робочих твердосплавних деформуючих елементів	25
2.4 Розрахунок на міцність різьбового з'єднання	30
2.5 Розробка технології виготовлення твердосплавних робочих елементів протяжки	33
3 Розробка конструкції затискного пристосування для обробки гальмових циліндрів	39
3.1 Опис конструкції пристосування та принцип її дії	39
Загальні висновки	42
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	43
Додатки	46

ВСТУП

За останній час у машинобудівній галузі з'явилась велика гамма нових конструкційних матеріалів, які мають різноманітні якості та призначення. Але, незважаючи на їх широкий асортимент, сірий чавун продовжує займати велику питому вагу в якості матеріалу для виробництва деталей для автомобілів, сільськогосподарської техніки та верстатів. Його використання не зменшується, тому що чавун має високі механічні, ливарні та антифрикційні якості, також він добре працює в умовах високих стискаючих навантажень і температур.

Із сірих та модифікованих чавунів виготовляють широкий асортимент деталей для гальмових механізмів, в тому числі гальмівні супорта, кронштейни, циліндри та т. ін. Гальмові циліндри є важливими елементами гальмівної системи автомобіля, які безпосередньо впливають на безпеку дорожнього руху. Виготовлення деталей типу гальмовий циліндр потребує точної обробки їх внутрішніх робочих поверхонь, де гальмовий поршень разом з гумовими ущільненнями утворює герметичне рухоме з'єднання, що працює під високим тиском гальмової рідини або стиснутого повітря.

Традиційні методи механічної обробки, зокрема розточування або хонінгування, не завжди забезпечують необхідну продуктивність і економічну ефективність в умовах серійного виробництва. Вважаючи на це, комбіноване протягування як метод чистової або напівчистової обробки дозволяє не тільки досягати високої точності форми та шорсткості поверхні, але й значно скоротити кількість переходів і змін інструменту.

Актуальність використання процесів комбінованого протягування для обробки чавунних гальмових циліндрів та розробка вдосконаленого протяжного інструмента обумовлюється потребою в підвищенні ефективності виробничих процесів, зниженні собівартості продукції та забезпеченні стабільної якості деталей, що використовуються у відповідальних вузлах транспортних засобів та механізмів.

1 Технологічна частина. Вихідні та розрахункові дані

1.1 Огляд літературних джерел згідно теми роботи

Обробка внутрішніх отворів у чавунних гальмівних циліндрах є критично важливою для забезпечення високої точності та якості поверхні, що безпосередньо впливає на ефективність і безпеку гальмівної системи. Традиційно для цієї мети використовуються методи розточування та хонінгування.

Розточування забезпечує високу точність геометричних параметрів отвору, однак може залишати мікронерівності на поверхні, що потребує додаткової обробки для досягнення необхідної шорсткості.

Хонінгування є процесом абразивної обробки, який дозволяє досягти високої якості поверхні та точності розмірів. Цей метод широко застосовується для фінішної обробки циліндричних отворів, зокрема в циліндрах двигунів внутрішнього згоряння. Хонінгування забезпечує створення мікроканалок, які перехресшуються обробленій на поверхні, що сприяє утриманню мастила та покращує експлуатаційні характеристики деталі.

Комбіноване протягування є сучасним методом, який одночасно поєднує процеси формоутворення отвору та зміцнення матеріалу обробленої поверхні. Цей підхід дозволяє не лише досягти високої точності та якості поверхні, але ще й підвищити твердість та зносостійкість обробленої деталі. Зокрема, дослідження показують, що при обробці чавунних деталей методом деформаційного протягування створюються сприятливі напружено-деформовані стани, які підвищують пластичність матеріалу та запобігають його крихкому руйнуванню [1,4,6,10].

Вибір оптимального методу обробки залежить від вимог до точності, шорсткості поверхні та експлуатаційних характеристик гальмівного циліндра, які закладаються у конструкторській документації на деталь. Комбіноване

протягування є перспективним підходом, оскільки дозволяє поєднати переваги різних методів обробки, забезпечуючи високу якість та довговічність деталей.

Точна обробка отворів у деталях із чавуну, наприклад у гальмівних циліндрах, за допомогою традиційних технологій відрізняється досить високою трудомісткістю, особливо під час фінішних операцій. Ця обробка містить у себе різні види лезового різання (чорнове та чистове розточування, зенкерування, розвертання, ріжуче протягування, а також такий вид зміцнююче-калібруючої обробки як розкочування сталевими шариками або роликками [1].

В зв'язку з високими вимогами конструкторської документації до точності та шорсткості поверхні отриманого отвору в чавунних циліндрах, важливе місце при їх обробці займають напівчистові та фінішні операції, такі як хонінгування, розкочування, деформуюче та ріжуче протягування.

Деформування поверхневого шару в умовах тертя-кочення відноситься до зміцнюючих та калібруючих методів обробки отворів в чавунних деталях. Відмінною здатністю процесу розкочування роликками або кульками є те, що площа дотику інструмента та заготівлі дуже мала. При цьому відбувається лінійний або точковий контакт робочого елемента та оброблюваної поверхні, внаслідок чого виникають значні за величиною контактні напруження, що сприяє кращому вигладжуванню мікронерівностей, що створюють шорсткість поверхні. Відмінною рисою процесу обробки кульками у порівнянні з обробкою різанням є відсутність у кульок примусової осі обертання та їх здатність самостійно встановлюватися відносно оброблюваної поверхні, що створює найбільш вигідні умови для протікання процесу.

Найбільш продуктивними із вищенаведених методів обробки різанням є ріжуче протягування. В роботах [1,5,8,10] розкрита великі технологічні можливості цього метода: висока продуктивність, що перевищує продуктивність розточування, розвертання та зенкерування в 2...10 разів [1]. Переваги цього методу особливо проявляються при серійному та масовому типах виробництва. Протягування – це високопродуктивний метод обробки,

що забезпечує отримання виробів високої точності до 6-10 квалітету високої якості обробленої поверхні $Ra \leq 3,2$ мкм. Точність обробки залежить від точності виконання інструмента (протяжка, прошивка). Особливість цього методу – це наявність тільки одного головного руху. Найбільш прогресивними є протяжки, ріжучі елементи котрих виготовлені із твердих сплавів. При високих швидкостях протягування традиційна швидкорізальна сталь значно поступається твердим сплавам за стійкістю робочих органів інструменту.

Деформуюче протягування є методом обробки, котрий містить в собі високу продуктивність та точність розмірів, низьку шорсткість, а також досягається зміцнення поверхневого шару [5]. Деформуючий елемент представляє собою кільце, зовнішня поверхня якого створена двома усіченими конусами та стрічкою, що розташована поміж їх більших основ. Діаметр кожного наступного елемента дещо більший ніж попередній, за рахунок чого під час проходження інструмента через оброблюваний отвір відбувається послідовна пружно-пластична деформація деталі, внаслідок чого діаметр отвору збільшується до потрібного розміру. Отвір під деформуюче протягування попередньо оброблюється чистовим розточуванням або розвертанням до 8-10 квалітету точності, при шорсткості поверхні $Ra = 10 \dots 1,6$ мкм. Зазвичай, шорсткість обробленої поверхні після обробки деформуючим протягуванням складає $0,1 \dots 2,5$ мкм [1,5,8].

1.2 Призначення, конструкція циліндрів для гальмових механізмів барабанного типу та аналіз їх технологічності

1.2.1 Задній гальмівний циліндр (рис. 1.1) входить до складу гальмівного механізму задніх коліс легкового автомобіля. Гальма заднього колеса оснащені двома колодками, котрі своїми опорними площадками (п'ятами) спираються об нерухому опору, закріплену в нижній частині гальмівного щита, а носиками спираються на торці пазів штовхачів, встановлених у поршнях робочого циліндру гідравлічного приводу гальм. Задній гальмівний

циліндр закріплюється двома болтами до верхньої частини гальмового щита. Для цього на бобищі гальмового циліндру виконуються два отвори. На виступаючий із внутрішнього боку гальмового щита бобищі також виконані два різьбових отвори, а до нижнього приєднана сталева або мідна трубка з конічною різьбою на штуцері, по котрій поступає гальмівна рідина від регулятора гальмівних зусиль.



Рисунок 1.1 Задній гальмівний циліндр у зборі

В робочій порожнині циліндру $\varnothing 22^{+0,045}$ мм знаходяться два алюмінієвих поршня зі штовхачами, до яких притиснуті колодки. Поміж поршнями встановлено розпірну пружину, яка спирається на гумові ущільнюючі кільця скрізь опорні шайби. При збільшенні тиску у внутрішній порожнині кільця самостійно ущільнюються і переміщуються разом з поршнями у протилежних напрямках.

Матеріал корпусу гальмового циліндру є чавун марки СЧ18 ГОСТ 1412-85. Його межа міцності при розтягу становить $\sigma_B=180$ МПа, а твердість HB170...229. Задній гальмівний циліндр складає собою полий циліндр із бобишкою, виконаною на зовнішній поверхні циліндра і рівновіддаленої від обох його торців.

1.2.2 Найбільш складним в технологічному відношенні є внутрішня поверхня циліндра $\varnothing 22^{+0,045}$ мм (див. рис. 1.2). Потрібна шорсткість цієї поверхні не повинна перевищувати $Ra=0,32$ мкм.

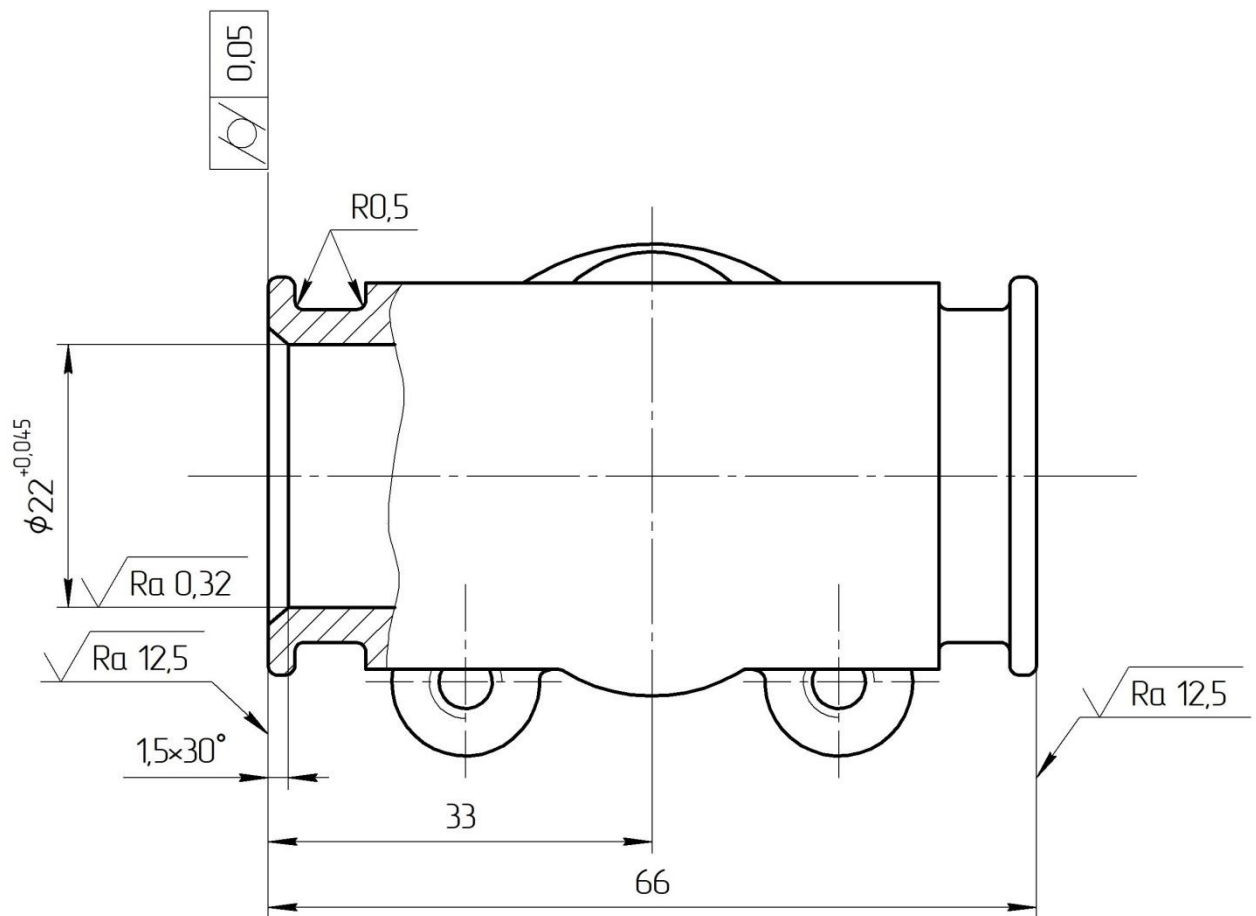


Рисунок 1.2 – Розміри оброблюваного отвору $\varnothing 22^{+0,045}$ мм

Допуск циліндричності складає 0,05 мм. Для отримання таких параметрів при обробці отвору необхідно виконувати декілька операцій, а саме: зенкерування, ріжуче протягування, чорнове та чистове хонінгування. Але, окрім потрібних параметрів шорсткості та точності за умов експлуатації необхідно отримати зміцнений шар, який би перешкоджав швидкому зносу робочої поверхні циліндру. Вище перелічені операції не дають такої можливості.

Низька технологічність отвору виражається у тому, що традиційні операції, що застосовуються при його обробці, особливо заключні, вельми трудомісткі і не завжди дозволяють досягти гарного результату. Але, існує

можливість використання більш прогресивних методів обробки, наприклад комбінованого протягування, яке дозволяє отримати зміцнений поверхневий шар.

Труднощі технологічного плану викликані ще й тим, що можливість точної обробки отвору ускладнена отриманням чистової бази. При її отриманні, на першій операції деталь базується по зовнішній циліндричній поверхні, яка отримана методом лиття. Тому на операції цекування торцю необхідно застосовувати спеціальне затискне пристосування.

Прийнятий спосіб постановки розмірних параметрів на кресленні і вимоги до їх точності досить однозначні і не допускають декількох тлумачень. Вони задовольняють вимогам діючих стандартів.

В іншому деталь достатньо технологічна, допускає використання високопродуктивних режимів обробки, доволі проста за конструкцією, але при литті у точні форми потребує використання стрижня для отримання внутрішньої порожнини. Розташування різьбових кріпильних отворів допускає багатоінструментальну обробку. Зовнішні поверхні обертання можуть бути оброблені на токарних багаторізцевих напівавтоматах.

Значні труднощі викликає обробка різьбових отворів на бобиках, так як вони розташовані близько один від одного (менш ніж 25 мм), та одночасна їх обробка на багатошпindelних верстатах неможлива. Оброблювані циліндричні поверхні дозволяють вести обробку на прохід і дають можливість вести обробку високопродуктивними методами. Але, особливої уваги потребує обробка отвору $\varnothing 22^{+0,045}$.

1.3 Аналіз базового технологічного процесу

1.3.1 Заготовки для гальмівних циліндрів отримують методом лиття у піщані форми, які мають площину роз'єму, з використанням машинної формовки. Цей метод забезпечує підвищену точність виливка, потрібну шорсткість і дозволяє отримувати виливки II класу точності.

З точки зору масштабу виробництва, при річній програмі випуску до 5000 штук даній метод отримання заготовки є найбільш раціональним, особливо якщо він буде автоматизований.

Для обробки отвору гальмівного циліндру в технологічному процесі передбачено наступна послідовність операцій:

- 1) Зенкерування отвору з $\varnothing(19^{+1})$ до $\varnothing(20,8^{+0,2})$ мм;
- 2) Ріжуче протягування до $\varnothing21,95^{+0,03}$ мм;
- 3) Хонінгування чорнове до $\varnothing22^{+0,033}$ мм;
- 4) Хонінгування чистове до $\varnothing22,033^{+0,012}$ мм.

Технологічною базою при обробці отвору на всіх операціях є торець циліндру. Конструкторською базою є вісь отвору. В якості чорнкової технологічної бази прийнята зовнішня поверхня циліндра. Чистову базу отримують цекуванням «начисто» одного із торців циліндра. Виходячи із того, що при забезпеченні правильного розташування оброблених поверхонь деталі відносно необроблених, обирають в якості чорнових технологічних баз необроблені поверхні. В даному випадку чорнова база обрана вірно.

При обробці отвору принцип єдності технологічної і конструкторської бази не витримується. Але таке базування повністю задовольняє принципу незмінності (постійності) баз. Торець циліндру служить базовою поверхнею на всіх операціях обробки отвору.

Послідовність операцій в даному технологічному процесі відповідає досягненню заданої точності форми та шорсткості отвору циліндра. Обладнання, що використовується для виконання даної послідовності операцій за своїми параметрами в цілому відповідає вимогам операцій, що виконуються. Режими різання, в особливості на хонінгувальних операціях не відповідають прогресивним, що значно зменшує продуктивність праці на цих операціях. При цьому не завжди вдається досягти потрібних параметрів обробленого отвору. Даний технологічний процес характеризується низьким ступенем використання високопродуктивного інструменту, а також

відсутністю використання нових марок інструментальних матеріалів його ріжучої частини.

Слід відмітити те, що при використанні такого високопродуктивного метода обробки як ріжуче протягування, спостерігається погіршення шорсткості поверхні отвору, яке не завжди вдається усунути при використанні хонінгування. Ні один із методів обробки, що використовуються в технологічному процесі, не забезпечують зміцнення поверхневого шару отвору.

1.3.2 Все це дозволяє зробити висновок про те, що не зважаючи на трудомісткість даного технологічного процесу не завжди вдається досягти заданих параметрів точності та шорсткості обробленого отвору. З метою усунення недоліків базового процесу рекомендується удосконалити його введенням операції деформуючого протягування.

Оптимальне виконання цієї операції можливе при використанні комбінованого інструменту, який поєднує в собі одночасно різання і деформування обробленої поверхні. Оптимальною рисою використання такого інструменту є висока продуктивність, точність форми, низька шорсткість і поверхневе зміцнення обробленої поверхні.

1.4 Висновки та задачі кваліфікаційної бакалаврської роботи

Проведений аналіз дозволяє зробити наступні висновки:

– комбіноване протягування має ряд переваг перед іншими видами обробки круглих отворів, які вказують на доречність використання цього процесу при обробці матеріалів з обмеженою пластичністю, наприклад для сірих та модифікованих чавунів;

– використання збірних твердосплавних протяжок, які оснащені твердосплавними ріжучими та деформуючими елементами при обробці отворів в деталях із сірого чавуну дозволяють значно зменшити кількість

операцій і в той же час отримати високу точність отвору, низьку шорсткість поверхні та зміцнений поверхневий шар;

– питання комбінованого протягування деталей із сірого чавуну, незважаючи на його актуальність, дотепер має великі можливості для вдосконалення цього процесу.

Базуючись на рекомендаціях, що приведені у літературних джерелах по даній тематиці, в кваліфікаційній бакалаврській роботі поставлено за мету вдосконалити базовий технологічний процес обробки отвору у задніх гальмівних циліндрах легкових автомобілів шляхом введення операції деформує-ріжуче-деформуєчого протягування (прошивання).

Для досягнення мети, яку було намічено, треба опрацювати такі задачі:

– вивчити стан питання щодо використання комбінованого прошивання для фінішної обробки круглих отворів в корпусах із чавуну;

– запропонувати прошивку для виконання такої операції, яка має збірну конструкцію та оснащена декількома твердосплавними деформуєчими та ріжучими елементами, виготовленими із твердого сплаву;

– представити практичні рекомендації по параметрам обробки та способу виготовлення робочих елементів прошивки із твердого сплаву;

– запропонувати просте та зручне затискне пристосування для комбінованого прошивання циліндричного отвору у корпусі гальмового циліндра.

Таким чином, після проведеного огляду можливо зробити висновок, що використання спеціалізованого збірного інструмента для прошивання круглих отворів в корпусах із чавунів дає можливість суттєво підвищити якість обробленої поверхні, зменшити її шорсткість та витрати часу на обробку деталей. Все це також підтверджує можливість та доцільність більш широкого застосування такого способу прошивання замість вже існуючих лезвійних методів обробки зенкеруванням або розточуванням.

Враховуючі все вище наведене, поставлена задача розробки покращеного збірного інструмента для комбінованого прошивання круглих отворів в корпусних деталях із чавунів для серійного виробництва є потрібною та вимагає ретельного вивчення і подальшого вирішення.

2 Конструкторська частина. Розробка конструкції комбінованої протяжки для обробки робочої поверхні гальмового циліндра

2.1 Опис конструкції та принцип дії деформуюче-ріжуче-деформуючої протяжки

2.1.1 Використання комбінованого прошивання в якості однієї із останніх операцій для технологічних процесів обробки отворів в корпусних деталях із сірих чавунів є можливим в разі забезпечення досить високої точності форми циліндричного отвору на операціях, що були виконані раніше. Високу точність форми циліндричного отвору можливо отримати, насамперед, різноманітними способами для обробки різанням. Протягування або прошивання є найбільш продуктивним із них.

На основі аналізу літературних джерел по темі кваліфікаційної роботи в розділі 1 можна зробити висновок, що однією із найбільш раціональних схем протягування (у даному випадку за схему протягування будемо вважати порядок розподілу праці між ріжучими та деформуючими елементами) може бути схема, яка об'єднує в собі переваги ріжучого та деформуючого прошивання.

Одним із працездатних варіантів подібної схеми є поєднання в одному збірному інструменті жорстко взаємозв'язаних поміж собою та розташованих поздовжньо один відносно групи деформуючих та одного ріжучого елементів. Згідно такого варіанту, який представлено на рисунку 2.1, одинарний ріжучий елемент із твердого сплаву повинен знімати потрібний припуск для забезпечення заданого розміру і точності форми отвору, а також забезпечувати натяг на наступний деформуючий елемент.



Рис. 2.1 – Схема деформуюче-ріжуче-деформуючої протяжки для обробки деталей із чавуну

В свою чергу, група деформуючих елементів повинна виконувати роботу по роздаванню отвору, формуючи таким чином потрібний мікро профіль оброблюваної поверхні та зміцнюючи поверхневий шар до заданого ступеня.

Вивчення такої схеми показало, що введення ріжучого елемента в оброблюваний отвір викликає появу погрішності форми отвору у поперечному перерізі (а саме – овальність). Ця погрішність пов'язана, поперед всього, із погрішністю базування деталі, а також уведенням ріжучого елемента в результаті нерівномірного припуску під обробку. Погрішність форми отвору зникає при вході наступних деформуючих елементів в оброблюваний отвір деталі і при виході ріжучого елемента із отвору.

Виходячи із цього запропоновано розмістити поперед ріжучого елемента ще одну групу деформуючих елементів, які б центрували деталь відносно осі інструмента, забезпечували співпадіння осей оброблюваного отвору та робочих елементів протяжки, а також попереджали уведення ріжучого зуба в результаті нерівномірного припуску під обробку. Крім цього, розташування поперед ріжучого зуба групи деформуючих елементів дозволяє виконати процес різання з випереджаючим пластичним деформуванням. Сірий чавун, як і пластичні матеріали, в процесі холодного пластичного деформування зміцнюється, тому, створивши зміцнення поверхневого шару отвору гальмового циліндра, слід чекати покращення умов утворення стружки при його зрізуванні ріжучим зубом протяжки та підвищення стійкості ріжучого елемента, а також покращення мікрорельєфу оброблюваної поверхні.

Таким чином, однією із раціональних схем протягування отвору тормозного циліндру може бути схема, яка містить послідовно розміщені та жорстко пов'язані поміж собою групу деформуючих елементів, один ріжучий зуб, а потім другу групу деформуючих елементів (рис. 2.2)

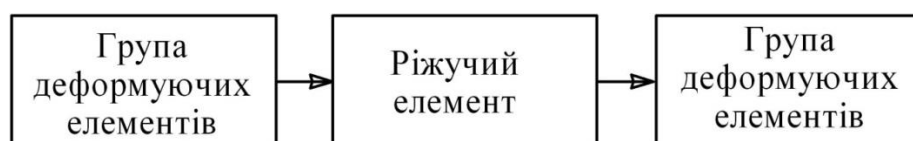


Рис. 2.2 – Схема деформуюче-ріжуче-деформуючої протяжки для обробки деталей із чавуну

Така схема протягування лягла в основу запропонованого інструменту для обробки отвору гальмового циліндра.

2.1.2 Загальний вигляд запропонованої моделі деформуюче-ріжуче-деформуючої прошивки показано на рис. 2.3.

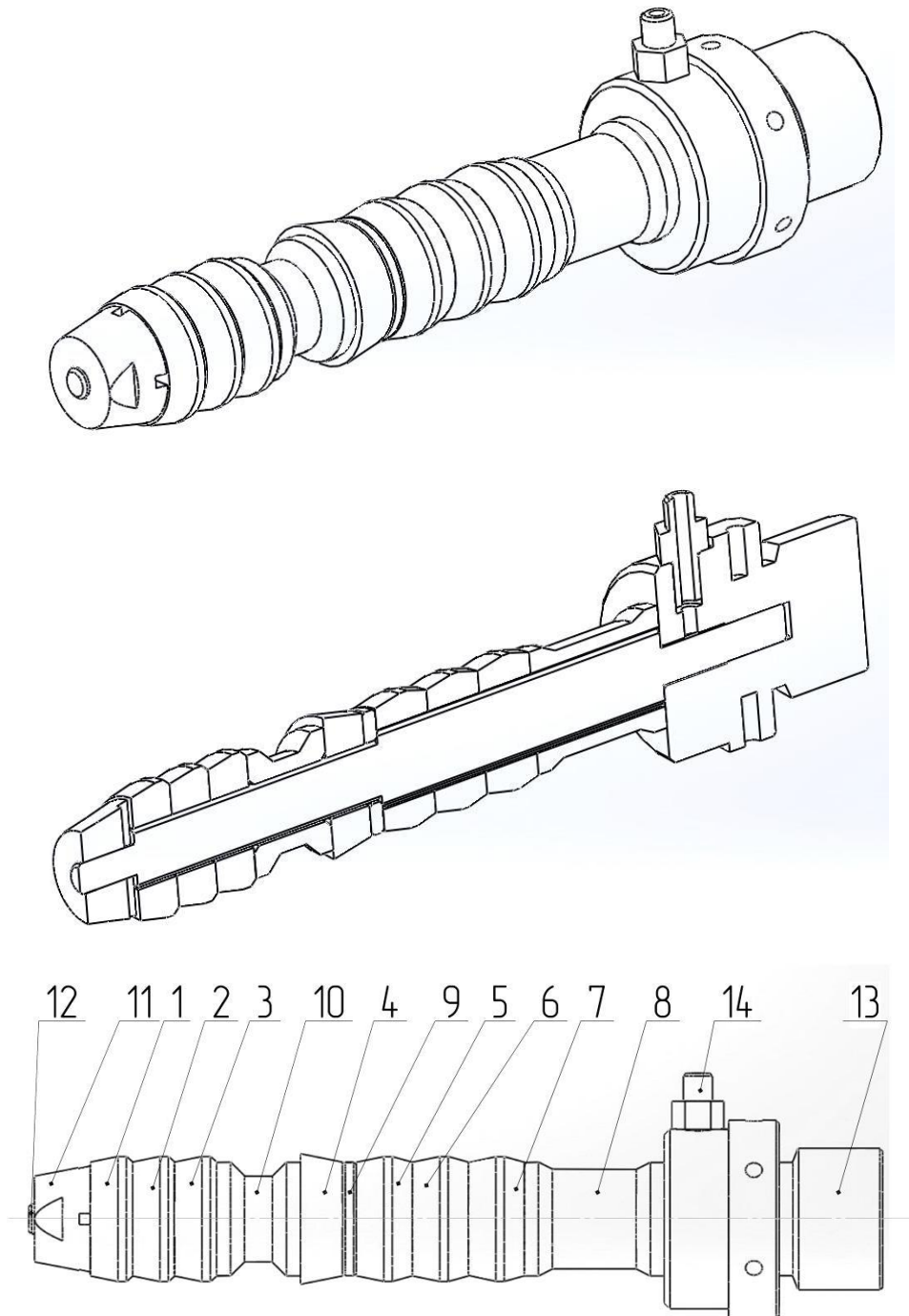


Рисунок 2.3 – Комбінована прошивка

Прошивка складається з таких елементів: стяжної/кріпильної гайки 11, оправки 12, переднього деформуючого блока з трьох елементів 1, 2 та 3, малих дистанційних втулок 10 та 9, заднього деформуючого блока з трьох деформуючих елементів 5, 6 та 7, ріжучого елемента 4, великої дистанційної втулки 8, установочного хвостовика 13 та штуцера для підводу МОР 14.

Оправкою виступає ступінчастий вал, на якому з його лівого боку виконана різь М8, а з його правого боку відповідно різь М12. Лівий кінець валу призначений для закручування стяжної/кріпильної гайки 11, яка потрібна для міцного спряження робочих елементів на оправке. На правий кінець оправки з різьбою М12 накручується установочний хвостовик прошивки. На зовнішній поверхні оправки профрезеровані повздовжні канавки напівкруглої або прямокутної форми, які дещо схожі зі шліцьовими, але дещо відрізняються за формою та місцем розташування. Ці канавки призначені для забезпечення підводу під певним тиском МОР у зону різання. Установочний хвостовик забезпечує закріплення комбінованої прошивки в патрон гідравлічного пресу мод. П6302Б, якій конструктивно оснащений однією стійкою з окремим приводом та здатен розвивати зусилля до 100000Н. В патрон хвостовик закручується за допомогою зовнішньої різі М48. Для подачі під тиском МОР в хвостовику виконано радіальний отвір, а на зовнішній поверхні нього за нарізана конічна різь, в яку до хвостовика вкручується стандартний штуцер для під'єднання гнучкого штанга. Також на зовнішній циліндричній поверхні хвостовика просвердлені шість рівномірно розташованих глухих радіальних отворів діаметром 6 мм, в які вставляється спеціальний штир. Він потрібен для міцної затяжки хвостовика прошивки під час його закручування в патрон верстата. Дистанційні втулки (одна мала та дві великі) забезпечують необхідне розташування робочих елементів прошивки на заданій відстані. Це робиться для того, щоб забезпечити вільний наскрізний прохід робочих елементів прошивки через отвір, що обробляється, при прямому або зворотному рухах інструмента.

2.1.3 При холодному послідовному пружно-пластичному деформуванню циліндричних отворів в корпусних деталях із чавуну, незалежно від величини отриманої сумарної деформації, натягу на робочий деформуючий елемент та

його геометрії, а також товщини стінок корпусу деталі, завжди має місце певне пружне відновлення деталі [7]. Тому при деформуючому прошиванні різноманітних деталей із чавуну можливо створити реальні умови для забезпечення додаткового зміцнення поверхні оброблюваного отвору за рахунок застосування додаткового (другого) деформуючого блока робочих елементів. Таким чином, запропоновану прошивку можливо жорстко з'єднати зі робочим штоком гідравлічного пресу для того, щоб зворотний хід інструмента виконувався через оброблюваний отвір. Це може значно підвищити ефективність роботи прошивки/протяжки за рахунок створення додаткового пластичного деформування оброблюваного отвору деталі.

Перший блок з деформуючими елементами 1-3 (див. рис. 2.3) призначений для забезпечення центрування оброблюваного отвору відносно вісі прошивки. Також цей блок створює зміцнений поверхневий шар на оброблюваній поверхні, яка потім буде видалятися ріжучим зубцем прошивки. Цей одинарний зубець зрізує заданий припуск на обробку прошиванням. Другий деформуючий блок з елементами 5-7 (див. рис. 2.3) потрібен для повторного деформування обробленої різанням поверхні та отримання потрібної шорсткості. Разом з цим відбувається зміцнення поверхневого шару робочої порожнини гальмового циліндру до граничного ступеню. Жорсткий зв'язок прошивки зі штоком гідропреса забезпечується її хвостовиком за рахунок закріплення його в патроні на штоку різьбовим з'єднанням.

На торцях гайки 11, втулок 10 та 9 (див. рис. 2.3) виконані пази, які направлені по дотичній до внутрішнього отвору гайки та втулок. Таке виконання пазів дозволяє направити МОР по дотичній до твірної отвору гальмового циліндру й, тим самим забезпечити більш ефективно охолодження та змащування робочих поверхонь протяжки. В свою чергу це приведе до ліквідації процесу утворення наросту за ріжучим зубцем та його наслідків. При віддаленні другого деформуючого блока від ріжучого елемента можна отримати зменшення шорсткості обробленої поверхні. Це пояснює існування хвилі перед ріжучим зубцем протяжки. Тому, втулку 10 (див. рис. 2.3) приймаємо такої довжини, щоб забезпечити працездатність ріжучого зубця 4.

МОР поступає у внутрішню порожнину протяжки через штуцер та радіальний наскрізний отвір у хвостовику. Потім через пази на оправці МОР

поступає до втулок та гайки. Через пази, які виконані на їх торцях, ЗОР під надлишковим тиском подається в зону різання. Щоб забезпечити постійну подачу ЗОР до інструмента під час його робочого руху штуцер з'єднується із системою верстата за допомогою гнучкого рукава високого тиску.

2.2 Вибір геометрії робочих елементів прошивки та матеріалу для їх виготовлення

Вибір матеріалу для робочих частин прошивки та їх геометрії будемо проводити на основі рекомендацій [1]. В якості інструментальних матеріалів для виготовлення робочих елементів вибираємо твердий сплав марки ВК10М. Геометрію заточки різального елемента приймаємо таку:

- передній кут різального клину $\gamma=4^\circ$;
- задній кут різального клину $\alpha=3^\circ$;
- зміцнююча фаска, розташована по задній грані $f_3=0,5$ мм;
- кут фаски приймаємо $\alpha=1^\circ$.

За [1] для виготовлення деформуючих елементів також приймаємо твердий сплав марки ВК10М.

З метою забезпечення мінімальної сили прошивання і точності форми обробленого отвору найбільш придатним кутом твірної робочого конуса деформуючого елемента приймаємо $\alpha=4...6^\circ$. Для нашої прошивки, що пропонується, для всіх деформуючих елементів кут твірної робочого конуса приймаємо рівним $\alpha=4^\circ$. В разі прийняття кута зворотного конуса деформуючого елемента рівним куту переднього робочого конуса $\alpha=\alpha_1$, то в цьому випадку площина контакту при взаємодії зворотного конуса з оброблюваною поверхнею отвору буде дорівнювати тій частці площі контакту робочого конуса, що здійснює деформування отвору в області пружних деформацій матеріалу. В такому випадку, при зворотному русі інструмента, в результаті контакту зворотного конуса з оброблюваною поверхнею отвору

будуть мати місце виключно пружні деформації. Тоді суттєвих змін в оброблюваному матеріалі деталі не спостерігається.

Якщо ж прийняти кут $\alpha_1 > \alpha$, то в такому випадку взаємодія зворотного конуса з оброблюваною поверхнею при зворотному русі прошивки буде відбуватись по значно меншій площині контакту, ніж при куті $\alpha = \alpha_1$. Тоді це може призвести до певного зростання контактних тисків на оброблюваній поверхні. Внаслідок цього буде відбуватись пластична деформація мікронерівностей та зниження шорсткості поверхні. Приймаємо значення кута α_1 в залежності від значення α за наступною формулою:

$$\text{кут } \alpha_1 = (3,24 \dots 3,96) \cdot \alpha^{0,737} \quad (2.1)$$

$$\text{відповідно, кут } \alpha_1 = 3,6 \cdot 4^{0,737} = 10^\circ$$

Для кожного із деформуючих елементів прошивки кут зворотного конуса приймаємо рівним 10° .

2.3 Розрахунок на міцність твердосплавних деформуючих елементів

2.3.1 Розрахунок деформуючих елементів на міцність виконується за методикою [1,10]. Для цього будемо вважати твердосплавний деформуючий елемент симетрично навантаженим. Особливістю деформуючого елемента симетрично навантаженої форми є те, що зони контакту елемента з оброблюваною поверхнею знаходяться на рівних відстанях від його торців, а висота цього елемента обрана із умови його рівномірності на згин та стискання. Деформуючий елемент такої форми, якщо він має симетричну висоту, визначається найбільшою несучою здатністю при найменшій витраті матеріалу на його виготовлення. Розрахунок твердосплавних деформуючих елементів симетрично навантаженої форми виконується з метою визначення їх розмірів: товщини стінки, висоти, кутів робочого та зворотного конусів, ширини циліндричної стрічки та її відстані від торцю при відомих умовах протягування та знаходження значення сили протягування, допустимої міцності деформуючого елемента, що має такі розміри. Розрахунок виконується в наступній послідовності:

1) Визначаємо товщину стінки деформуючого елемента:

$$t_k = 0,329 \cdot \frac{Q^{0,735} \cdot K_L \cdot 0,938^l}{f^{0,43} \cdot [\sigma_{уз}]^{0,735} \cdot D_K^{0,36}} \quad (2.2)$$

де Q – сила протягування;

K_L – коефіцієнт висоти деформуючого елемента (відношення фактичної висоти (рис. 2.4) деформуючого елемента до його оптимальної висоти $L_{\text{опт}}$, значення якого приведено в [1];

l – фактична ширина контакту робочої поверхні елемента з оброблюваною поверхнею, яка залежить від діаметра отвору d_0 та товщини стінки t_0 деталі до обробки, а також від величини фактичного натягу a_ϕ , значення обираємо із [1];

f – коефіцієнт тертя при деформуючому протягуванні;

$[\sigma_{уз}]$ – допустиме напруження на згин для твердого сплаву;

D_K – зовнішній діаметр деформуючого елемента (див. рис. 2.4), приймаємо конструктивно, в залежності від розміру отвору, що обробляється.

Допустиме напруження на згин для твердого сплаву визначаємо за формулою

$$[\sigma_{уз}] = \frac{\sigma_{уз.в.} \cdot K_{Л.С.}}{K_{з.П.}} \quad (2.3)$$

де $\sigma_{уз.в.}$ – фактична межа міцності твердого сплаву на згин;

$$\sigma_{уз.в.} = 4,62 \cdot D_K^{-0,36} \cdot t_k^{-0,45} \cdot \sigma_{уз.в.ст.} \quad (2.4)$$

де $\sigma_{уз.в.ст.}$ – межа міцності твердого сплаву на згин, який оговорено нормативною документацією на цей матеріал;

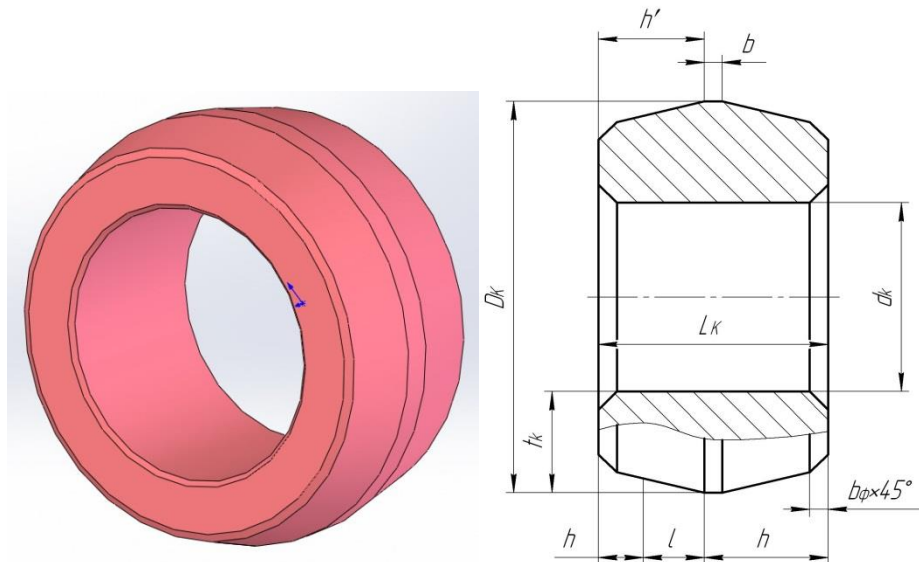


Рисунок 2.4 – Схема до розрахунку на міцність твердосплавного деформуючого елемента симетрично навантаженої форми

$$\sigma_{уз.в.} = 4,62 \cdot 21,65^{-0,36} \cdot 5,8^{-0,45} \cdot 1470 \cdot 10^6$$

$$\sigma_{уз.в.} = 1,018 \cdot 10^9 \text{ Па} = 1,018 \text{ ГПа}$$

$K_{п.с.}$ – коефіцієнт, що залежить від посадки деформуючого елемента на оправку протяжки;

$$K_{n.c} = 1,1 \cdot d_k^{0,33} \cdot t_k^{-0,42} \cdot e^{\frac{310\Delta^{1,1}}{d_k}} \cdot K_{\phi} \quad (2.5)$$

де d_k – діаметр отвору деформуючого елемента (див. рис. 2.4),
приймаємо конструктивно;

e – основа натурального логарифма;

Δ – зазор або натяг між поверхнею отвору деформуючого елемента і оправкою протяжки, при натягу має додатній знак, а при зазорі – від’ємний;

K_{ϕ} – коефіцієнт форми отвору деформуючого елемента.

$$K_{n.c} = 1,1 \cdot 10^{0,33} \cdot 5,8^{-0,42} \cdot e^{\frac{-3100,027^{1,1}}{10}} \cdot 1$$

$$K_{п.с.} = 0,63; \text{ приймаємо } K_{п.с.} = 1$$

При визначенні $\sigma_{уз.в.}$ та $K_{n.c}$ у формулі 2.4 та 2.5 підставляємо товщину стінки елемента, обрану конструктивно та рівну 5,8 мм.

$K_{3.n}$ – коефіцієнт запасу міцності, визначається із [10].

$$K_{3.n} = 2,2;$$

$$\sigma_{изв.} = \frac{1,018 \cdot 10^9 \cdot 1}{1,8} = 0,57 \cdot 10^9 \text{ Па} = 0,57 \text{ ГПа}$$

За формулою 2.2 визначаємо товщину стінки деформуючого елемента

$$t_k = 0,329 \cdot \frac{(3000)^{0,735} \cdot 1,2^{0,71} \cdot 0,938^{1,6}}{0,11^{0,43} \cdot 58,16^{0,735} \cdot 21,65^{0,36}} = 5,26 \text{ мм.}$$

Порівнюємо отримане значення $t_k = 5,26$ мм та прийняте конструктивно $t_k = 5,8$ мм. Їх різниця не перевищує 0,6 мм, тому приймаємо первісне значення $t_k = 5,8$ мм.

Знаходимо висоту деформуючого елемента.

$$L_K = K_L \cdot \left[\frac{l}{2} \cdot \sqrt{\frac{l^2}{4} + \frac{8 \cdot \nu \cdot R_k \cdot W}{\pi \cdot (R_k^2 - r_k^2)}} \right], \quad (2.6)$$

де R_k і r_k – відповідно зовнішній радіус і радіус отвору деформуючого елемента.

$$R_k = \frac{D_k}{2} = \frac{21,65}{2} = 10,825 \text{ мм};$$

$$r_k = \frac{d_k}{2} = \frac{10}{2} = 5 \text{ мм};$$

ν – відношення межі міцності твердого сплаву при згині до межі міцності при стиску, для ВК10М $\nu = 0,54$;

W – момент опору згину деформуючого елемента в перерізі перпендикулярному до вісі, мм^3 . Значення W знаходимо за формулою:

$$W = \frac{9 \cdot (R_k^4 - r_k^4) \cdot (R_k^2 - r_k^2) - 8 \cdot (R_k^3 - r_k^3)^2}{12 \cdot (R_k^3 - r_k^3) - 18 \cdot (R_k^2 - r_k^2) \cdot r_k} \cdot \pi, \quad (2.7)$$

$$W = \frac{9 \cdot (10,825^4 - 5^4) \cdot (10,825^2 - 5^2) - 8 \cdot (10,825^3 - 5^3)^2}{12 \cdot (10,825^3 - 5^3) - 18 \cdot (10,825^2 - 5^2) \cdot 5} \cdot 3,14 = 239 \text{ мм}^3.$$

Визначимо висоту деформуючого елемента за формулою 2.6

$$L_K = 1,2 \cdot \left[\frac{1,6}{2} \cdot \sqrt{\frac{1,6^2}{4} + \frac{8 \cdot 0,54 \cdot 10,825 \cdot 239}{3,14 \cdot (10,825^2 - 5^2)}} \right] = 6 \text{ мм.}$$

Визначимо мінімальну допустиму (з конструктивних міркувань) висоту $L_{к.д}$ деформуючого елемента:

$$L_{к.д} = \frac{a_\phi}{2 \cdot \text{tg } \alpha} + b + 2 \cdot (b_{\text{фас}} + c), \quad (2.8)$$

де b – ширина циліндричної стрічки, $b = 0,8$ мм;

α – кут робочого конуса, $\alpha = 4^\circ$;

$b_{\text{фас}}$ – ширина фаски, $b_{\text{фас}} = 0,8$ мм;

c – неробоча ділянка робочого конусу, що дорівнює довжині зворотного конусу, $c = 1,9$ мм.

$$L_{к.д} = \frac{0,25}{2 \cdot \text{tg } 4^\circ} + 0,8 + 2 \cdot (0,8 + 1,9) = 9,8 \text{ мм.}$$

Умова міцності виконується, так як мінімально допустима висота $L_{к.д}$, більше розрахованої висоти деформуючого елемента.

Мінімальна відстань h' (див. рис. 2.4) від торця деформуючого елемента до циліндричної стрічки:

$$h' = \frac{L'_{к.д} + l}{2}, \quad (2.9)$$

де $L'_{к.д}$ – прийнята з умови міцності та конструктивних міркувань висота деформуючого елемента.

$$L'_{к.д} \geq L_{к.д}$$

$$h' = \frac{10 + 1,6}{2} = 5,8 \text{ мм.}$$

Приймаємо за конструктивним міркуванням: $h' = 6,5$ мм. Приведений розрахунок дає гарантію, що деформуючий елемент, який має знайдені значення геометричних розмірів, задовольняє вимоги міцності на згин та стиск.

2.4 Розрахунок на міцність різьбового з'єднання

У конструкції протяжки для фінішної обробки отворів у гальмовому циліндрі передбачено три різьбових з'єднання: хвостовика з патроном штока гідравлічного преса, на котрому виконуються операції протягування (патрон-хвостовик); хвостовика з оправкою протяжки (хвостовик-оправка); оправки з гайкою (оправка-гайка) (див. рис. 2.5)

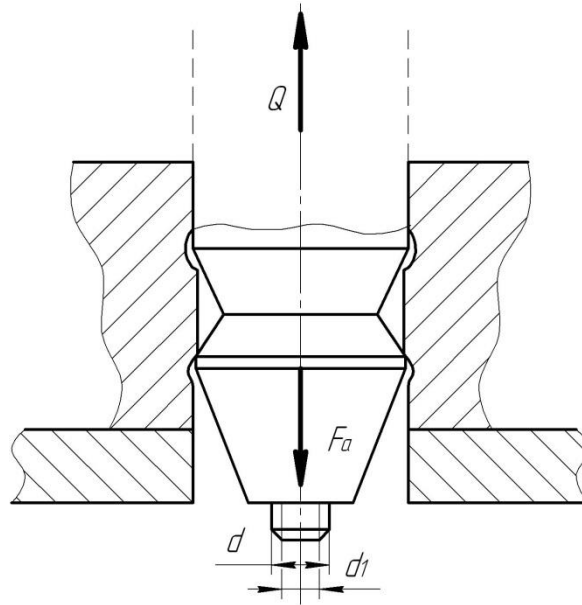


Рисунок 2.5 – Схема сил, що діють у різьбовому з'єднанні «оправка-гайка»

Розміри різьб: M48x3, M12x1,25, M8x1, відповідно у з'єднаннях «патрон-хвостовик», «хвостовик-оправка», «оправка-гайка».

При робочому ході штока преса різьбове з'єднання «патрон-хвостовик» та «хвостовик-оправка» працюють на стиск, а з'єднання «оправка-гайка» в цьому випадку не навантажене. При зворотному русі штока гідравлічного преса всі три різьбових з'єднання працюють на розтяг.

Розрахунок на міцність буде виконуватись для найменшого різьбового з'єднання «оправка-гайка». Якщо це з'єднання буде відповідати вимогам міцності, то розрахунок інших з'єднань виконувати немає потреби.

Розрахунок буде проводитись на розтяг різьбового кінця оправки та змінання різі.

При розрахунку різьбового з'єднання «оправка-гайка» будемо розглядати його у напруженому стані, тобто з попереднім затягуванням. При затягуванні гайки, в оправці виникає зусилля розтягу та зусилля скручування. При спрощеному розрахунку напруженого з'єднання розраховуємо на розтяг, скручування враховуємо збільшенням осьової сили розтягу на 10%.

Проектний розрахунок різьбового з'єднання, навантаженого осьовою статичною силою проведено по наступній методиці.

Умова міцності оправки:

$$Q_p = [\sigma_p] \cdot \frac{\pi \cdot d_1}{4}, \quad (2.10)$$

звідкіля

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_p}{\pi \cdot [\sigma_p]}}, \quad (2.11)$$

де Q_p – розрахункове осьове зусилля, Н;

$[\sigma_p]$ – допустиме напруження розтягу, $\frac{\text{Н}}{\text{мм}^2}$;

d_1 – внутрішній діаметр різьби, мм.

$$Q_p = 4 \cdot 10^3 \cdot 1,1 = 4 \cdot 10^3$$

$$[\sigma_p] = 0,23 \cdot \sigma_m = 0,23 \cdot 360 = 82,8$$

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot 4 \cdot 10^3}{3,14 \cdot [82,8]}} = 8,1 \text{ мм}$$

Таким чином різь М8 буде достатня для даного з'єднання.

Розрахунок на міцність різьбового з'єднання при змінних навантаженнях проводимо по амплітуді циклу та по найбільшій напрузі циклу.

Умова міцності по амплітуді циклу:

$$n_a = \frac{\sigma_{-1}}{K_\sigma \cdot \sigma_a} \geq [n_a], \quad (2.12)$$

де n_a – дійсний запас міцності по амплітуді;

$[n_a]$ – допустимий запас міцності;

σ_{-1} – межа витривалості при розтягу матеріалу гладкого зразку при симетричному циклу; $\sigma_{-1} = 240 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2}$;

K_σ – ефективний коефіцієнт концентрації напружень; $K_\sigma = 3,5$;

σ_a – амплітуда змінних напружень.

$$\sigma_a = \frac{\chi \cdot Q}{2 \cdot \frac{\pi \cdot d_1^2}{4}}, \quad (2.13)$$

де χ – коефіцієнт зовнішнього навантаження, $\chi = 0,05$.

$$\sigma_a = \frac{0,05 \cdot 4400}{2 \cdot \frac{3,14 \cdot 10^2}{4}} = 1,4;$$

$$n_a = \frac{240}{3,5 \cdot 1,4} = 48,9 > 2,5 = [n_a].$$

Умова міцності по амплітуді циклу виконується.

Перевірка умови міцності по найбільшому напруженні циклу.

$$n = \frac{\sigma_m}{\sigma_{\max}} = \frac{\sigma_m}{\sigma_o + 2 \cdot \sigma_a} \geq [n], \quad (2.14)$$

де n – дійсний коефіцієнт запасу міцності по максимальному навантаженню;

σ_m – межа текучості матеріалу;

σ_o – напруження від початкового затягування;

$[n]$ – допустимий коефіцієнт, запасу міцності по максимальним напруженням.

$$\sigma_o = \frac{4 \cdot Q_o}{\pi \cdot d_1^2} \leq [\sigma_o], \quad (2.15)$$

$$Q_o = Q \cdot K, \quad (2.16)$$

$$K = 1,3$$

$$Q_o = 1,3 \cdot 4400$$

$$[\sigma_o] = 0,65 \cdot \sigma_m = 0,65 \cdot 360 = 234 \text{ МПа}$$

$$\sigma_m = 360$$

$$\sigma_o = \frac{4 \cdot 5720}{3,14 \cdot 10^2} = 72,8 < 234 = [\sigma_o]$$

$$n = \frac{360}{72,8 + 2 \cdot 1,4} = 4,76 > 1,25 = [n]$$

Таким чином, міцність по найбільшій напрузі циклу забезпечена.

2.5 Розробка технологи виготовлення робочих елементів протяжки

2.6.1 Визначення методів виготовлення заготовок, припусків на їх механічну обробку та межі відхилення розмірів

Заготовки робочих елементів деформуючих протяжок отримують методом холодного пресування сумішей у прес-формах з наступним спіканням по загальновідомій технології виготовлення виробів із металокерамічних твердих сплавів. У табл. 2.1. приведені припуски на механічну обробку та межі відхилення розмірів твердосплавних заготовок (зовнішнього діаметру D_3 , діаметру отвору d_3 та висоти L_3) після спікання для деформуючих елементів протяжок з зовнішнім діаметром 20...22 мм та висотою 10 мм.

Таблиця 2.1

Припуски на механічну обробку та граничні відхилення розмірів твердосплавних заготовок, мм

Найменування розміру	Припуск на діаметр або висоту	Граничне відхилення розміру
Зовнішній діаметр D_K	1,25	$\pm 0,35$
Внутрішній діаметр $d_K=10$	0,6	$\pm 0,2$
	$d_K=13$	$\pm 0,25$
Висота L_K	0,6	$\pm 0,2$

Твердосплавні деформуючі елементи в процесі експлуатації сприймають значні навантаження, які можуть викликати руйнування деформуючого елемента при наявності дефектів у твердому сплаві. Тому обробку робочих елементів деформуючих протяжок слід проводити в умовах, що виключають можливість появи таких дефектів.

2.5.2 Визначення режимів обробки заготовок та пристосувань на технологічні операції

Режими обробки твердосплавного деформуючого елемента приведені у табл. 2.2. У якості пристосувань на 05 операції застосовується трьохкоординатний самоцентрувальний патрон; на 10 операції застосовується магнітна плита та сталеві планки; на операціях, що залишились застосовуються оправки, центри та хомутики, а на полірувальній ще й повстяний притир. Перед шліфуванням конусів та зовнішній циліндричній стрічці елемент необхідно покрити тонким шаром міді, зануреним у мідний купорос. Це дає можливість точно визначити при обробці довжину конусів та циліндричної стрічки.

Таблиця 2.2

Режими обробки твердосплавних деформуючих елементів та характеристика шліфувальних інструментів

Номер операції або переходу	Характеристика шліфувального інструмента	Режим обробки				
		$V_{\text{кол}}$, м/с	$S_{\text{пр}}$, м/хв	$S_{\text{ном}}$, мм/дв.хід	V_d , м/хв	t , мм
1	2	3	4	5	6	7
05 1-й перехід	АГЦАСР 80163 Б8-100	10-20	1,5-1,5	0,05	10-30	0,025- 0,05

2-й перехід	АЧКАСВ 100180 M04-100	15-20	0,5-1,5	-	10-30	0,01- 0,015
10	АППАСВ 125/100 M04-100	25-30	5-15	10-20	-	0,01-0,02
15	АППАСВ 125/100 M04-100	25-30	0,5-15	0,05-0,1	20-40	0,005- 0,01
20	АППАСВ 125/100 M04-100	25-30	0,5-15	0,005	20-40	0,005- 0,01
25	АППАСВ 125/100 M04-100	25-30	0,5-15	0,005	20-40	0,005- 0,01
30	АППАСВ 125/100 M04-100	25-30	-	0,01	20-40	0,8x45°
35	АСМ513	25-30	0,5-15	0,005	300	-

У табл. 2.3. приведений технологічний процес обробки твердосплавних елементів розробленої деформуюче-різально-деформуючої протяжки для обробки робочої порожнини гальмівного циліндра. Послідовність та структура операцій, а також обладнання та режим обробки, які прийняті на основі рекомендацій у роботі [1,10]. Інструмент та ЗОТС вибрані по рекомендаціям робіт [10].

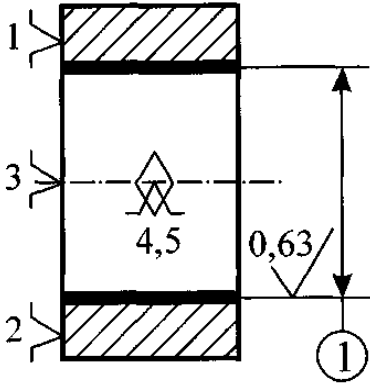
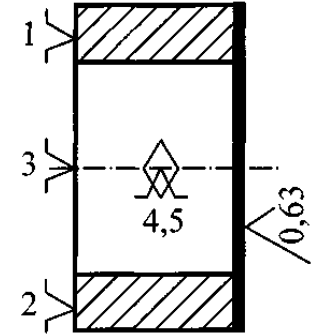
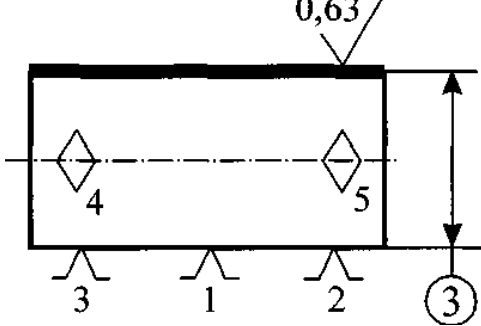
Шліфування всіх поверхонь виробу проводиться тільки алмазними кругами. Посадочний отвір шліфується алмазною циліндричною шліфувальною головкою форми АГЦ (ГОСТ 16167-80). Обробка по зовнішньому діаметру, фаскам, робочому та зворотному конусам, одному із торців проводиться кругами форми АПП (ГОСТ 16167-80), а по іншому торцю - кругом форми АЧК (ГОСТ 16172-80).

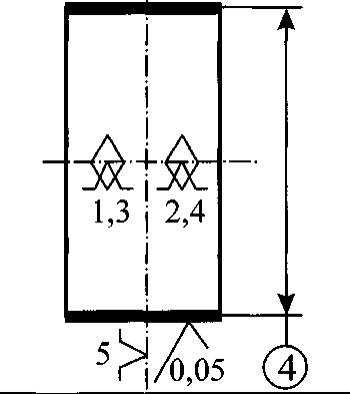
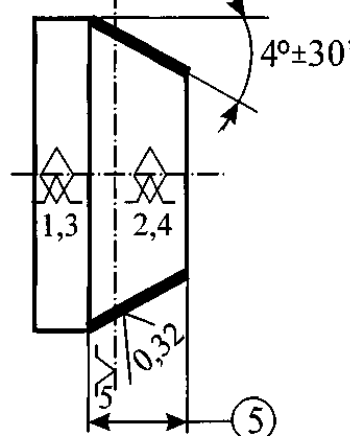
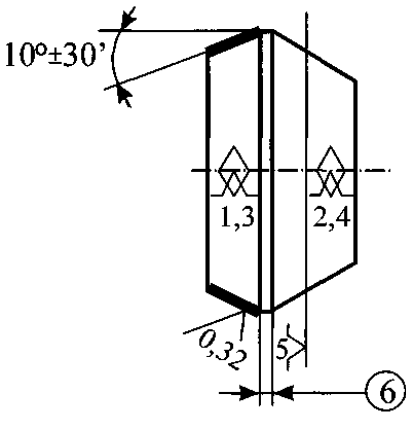
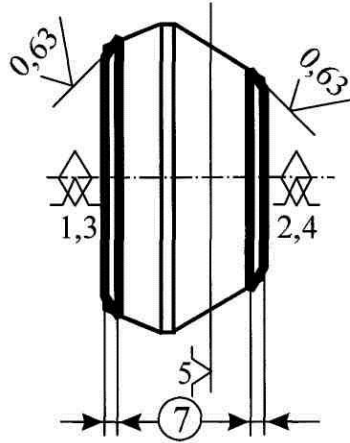
Шліфування твердосплавних деформуючих елементів відбувається з охолодженням. Рекомендований склад (%) ЗОТС наступний: тринатрійфосфат - 0,60; вазелін технічний - 0,05; бура - 0,30; кальцинована сода - 0,25; нітрат

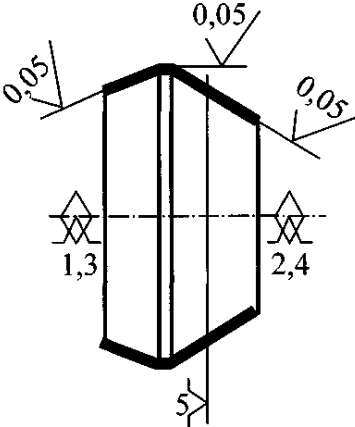
натрію - 0,10; вода - 98,70. Поліруються вироби алмазною пастою АСМ513 (ГОСТ 16871-71) за допомогою повсті, шкіри або фетру.

Таблиця 2.3

Розробка технологічного процесу обробки твердосплавних деформуючих елементів

Номер та назва операції	Обладнання (назва, модель)	Ескіз обробки із схемою базування	Зміст операції
1	2	3	4
05 Шліфувальна	Внутрішліфу - вальний мод. ЗК225В		1-й перехід Шліфувати отвір до діаметру 1
			2-й перехід Шліфувати торець, витримавши розмір 2
10 Шліфувальна	Плоскошлі- фувальний мод. ЗГ71		Шліфувати торець, витримавши розмір 3

1	2	3	4
15 Шліфувальна	Круглошлі- фувальний мод. ЗГ12		Шліфувати зовнішній діаметр до розміру 4
20 Шліфувальна	Круглошлі- фувальний мод. 3А150		Шліфувати робочий конус під кутом 4°±30' витримавши розмір 5
25 Шліфувальна	Круглошлі- фувальний мод. 3А150		Шліфувати зворотний конус під кутом 10°±30' витримавши розмір 6
30 Шліфувальна	Круглошлі- фувальний мод. 3А150		Шліфувати фаски у розмір 7 з двох сторін

1	2	3	4
35 Полірувальна	Круглошлі- фувальний мод. 312М		Полірувати циліндричну стрічку та конуси

Для сигналізації про хід виконання технологічної операції використовуються світлофільтри відповідно червоного, жовтого, зеленого, синього та біло-лунного кольорів.

3. Розробка конструкції пристосування для обробки робочої поверхні гальмового циліндра

3.1 Опис конструкції та принцип дії пристосування

Пристосування відноситься до типу складально-розкладальних пристрів та призначене для базування гальмового циліндра під час обробки його робочої порожнини комбінованою деформуюче-ріжуче-деформуючою протяжкою.

При розробці пристосування головною метою було досягти правильного вибору способу затискання та базування гальмового циліндру. За основу приймаємо той факт, що від основних розмірів та форми деталі, а також заданої точності залежить якість обробки та економічна складова технологічного процесу.

Основні вимоги, що стосуються розроблюваного пристрою:

- 1) Закріплення якомога більшої частини заготовки;
- 2) Зручність обробки на заданій операції (в нашому випадку – обробка отвору);
- 3) Можливість виконання у процесі роботи та зручність необхідних вимірів;
- 4) Надійність кріплення гальмового циліндру при найбільш заданому режимі роботи комбінованої протяжки;
- 5) Відсутність механічних ушкоджень та деформації заготовки під час її встановлення у пристосування;
- 6) Правильне та симетричне розташування оброблюваних поверхонь щодо пристосування і обробного інструменту;
- 7) Легкість встановлення деталі.

В якості матеріалу для виготовлення складових частин установочного пристрою обрано сталь 45. Його механічні властивості, а саме межа міцності на розтяг, згин та твердість цілком задовольняють заданим умовам обробки.

Конструкція пристрою складається із трьох частин. Перша із них – опорна плита (див. рис. 3.1), є основою для встановлення оброблюваної деталі, а також тим елементом, який закріплюється на станині вертикального протяжного верстату або гідравлічного пресу.

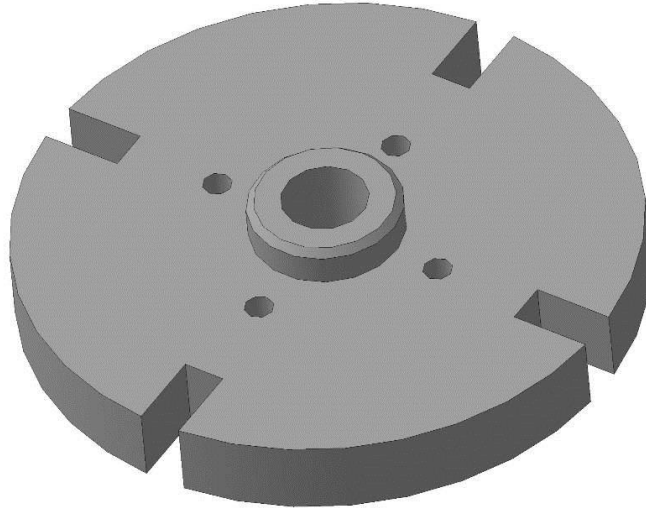


Рисунок 3.1 – Опорна плита збірного пристосування

В якості заготовки для виготовлення плити використовується сталевий лист товщиною 20 мм, в якому фрезеруються пази для кріпильних болтів, центральний отвір для проходження інструменту під час його роботи, а також різьбові кріпильні отвори для гвинтів.

Другою частиною пристосування є корпус, який служить боковою опорою для корпусу гальмового циліндра (див. рис. 3.2)

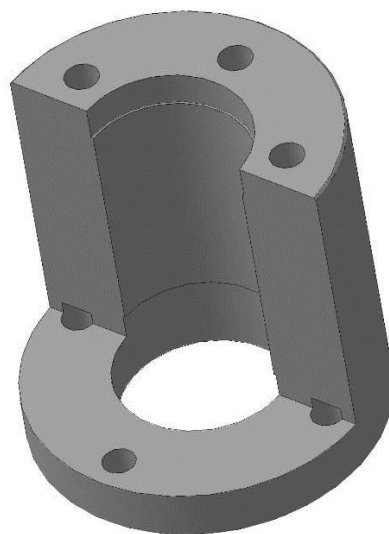


Рисунок 3.2 – Корпус збірного пристосування

Третя частина пристосування являє собою упор, який служить верхньою опорою для оброблюваної деталі та одночасно центрувальним пристроєм для комбінованої протяжки (див. рис. 3.3).

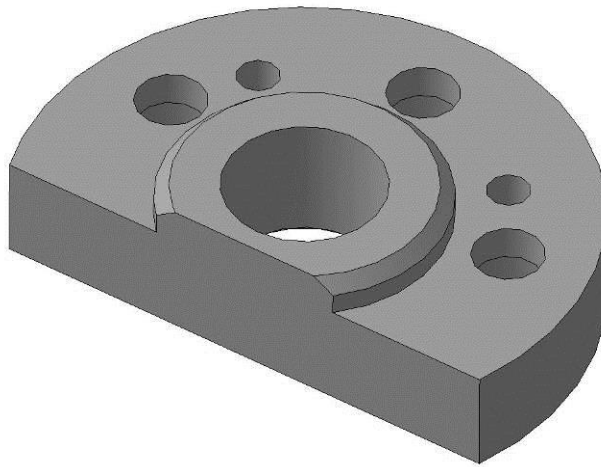


Рисунок 3.3 – Упор збірного пристосування

Всі три частини пристосування з'єднуються поміж собою гвинтами M8x15 у кількості 6-ти штук. Закріплення нижньої опори на станині верстата здійснюється чотирма стандартними болтами з T-подібними хвостовиком.

Загальний вигляд установочного пристосування зображено на рисунку 3.4.

При фіксації гальмового циліндра в пристосуванні повинні дотримуватися наступні основні правила:

- під час обробки не повинне порушуватися положення заготовки, яке досягнуте при її базуванні;

- закріплення деталі повинне бути надійним, щоб під час обробки положення заготовки зберігалось незмінним;

- виникаючі при закріпленні змінання опорних поверхонь гальмового циліндра, а також його деформація повинні бути мінімальними і знаходитися в допустимих межах.

- для забезпечення контакту гальмового циліндра з опорним елементом і усунення можливого його зрушення при закріпленні використовуємо виточку спеціальної форми.

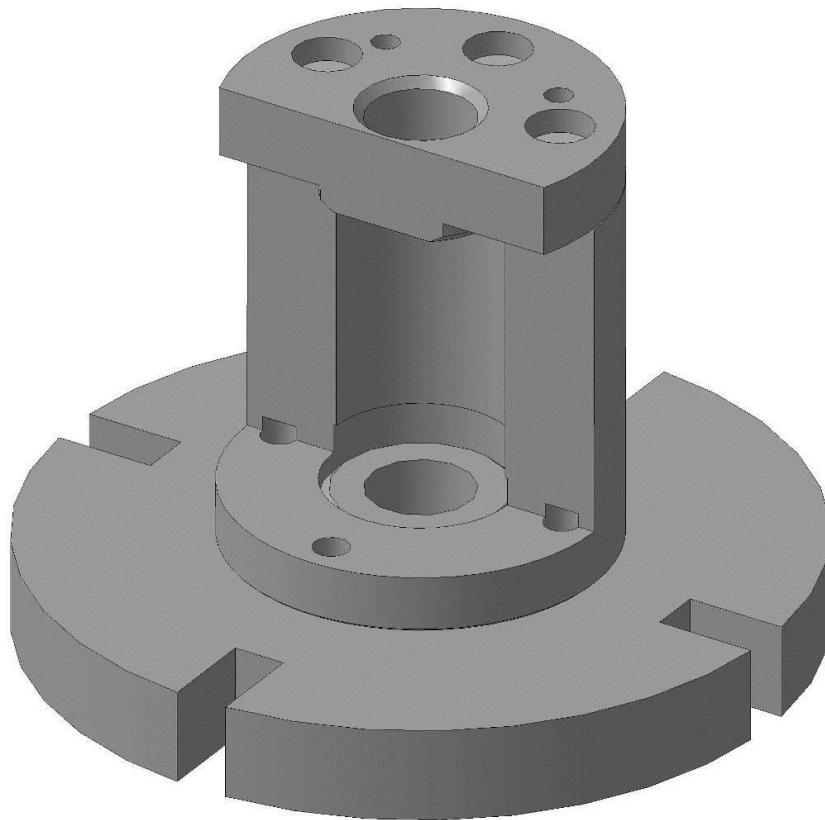


Рисунок 3.4 – Збірне установочне пристосування для обробки робочої порожнини гальмового циліндра

Загальні висновки:

Розроблена конструкція комбінованої прошивки дозволяє покращити якість обробки робочої порожнини гальмового циліндра 1402-3502046-20 та одночасно знизити час на обробку деталі. Застосування твердосплавних робочих елементів в конструкції прошивки дозволяє збільшити стійкість інструмента, а також використовувати його для обробки широкої номенклатури конструкційних матеріалів.

Модульна конструкція інструмента для прошивання розширює технологічні можливості для його використання, а наявність канавок для примусової подачі МОР дає можливість ефективно охолоджувати робочі елементи прошивки, а також подрібнювати стружку та видаляти її із зони обробки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Механіка комбінованого протягування графітовмісних чавунів [Текст] : монографія / Е. К. Посвятенко [та ін.] ; за ред. проф. Е. К. Посвятенка ; Кіровоград. нац. техн. ун-т. - Кропивницький : Лисенко В. Ф. [вид.], 2017. - 286 с. : рис. - Бібліогр.: с. 271-284. - 300 прим. - ISBN 978-617-7197-65-1
2. Немировский Я.Б. Вплив умов базування на точність деталей, оброблених деформуючим протягуванням [Текст] / Я.Б. Немировский // Вісник Тернопільського національного технічного університету: Наук. журнал. – Тернопіль, ТНТУ, 2014. – №3 (75).– С.144-157
3. Немировский Я.Б. Технологическое обеспечение точности при обработке отверстий деформирующим протягиванием [Текст] / Я.Б. Немировский // Резание и инструмент в технологических системах: междунар. науч.-техн. сб. – Харьков : НТУ Украины «ХПИ», 2013. – Вып. 83. – С. 195–207
4. Немировский Я.Б. Особенности деформирующего протягивания разнотолщинных заготовок [Текст] / Я.Б. Немировский // Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація : зб. наук. пр. / Кіровогр. нац. техн. ун-т. – Кіровоград, 2013. – Вип. 26. – С. 135–142.
5. Підвищення ефективності обробки отворів у деталях із чавунів комбінованим протягуванням [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.03.01 / Єрьомін Павло Миколайович ; Кіровогр. нац. техн. ун-т. - Кіровоград, 2015. - 21 с. : рис.
6. Nemirovskyy Ya. Issues about limit plastic deformatons of deforming of cast iron parts [Text] / Ya. Nemirovskyy, O. Chernyavskyy, P. Yeryomin, Yu. Tsekhanov // Scientific Journal of the Ternopil National Technical University. – №1(81).– Ternopil, TNTU, 2016.– pp. 88-97
7. Немировский Я.Б. Особенности расчета усадки отверстий при деформирующем протягивании деталей из чугуна [Текст] / Я.Б. Немировский,

А.В. Чернявський, П.Н. Еремін // Високі технології в машинобудуванні: междун. науч.- техн. сб. – Харків: НТУ України «ХПІ», 2014. – Вип. 1(24). – С.109-121

8. Чернявський О.В. Обробка круглих отворів протягуванням. Навч. посібник для ВНЗ. – Кіровоград, 2008 – 72 с.

9. Єрьомін П.М. Дослідження взаємодії деформувального елемента протяжки із оброблюваною поверхнею деталей із графітовмісних чавунів [Текст] / П.М. Єрьомін, О.В. Чернявський, С.Ф. Студенець // Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник «Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин», вип. 44, 2014 – С.115-121.

10. Посвятенко Е.К. Наукове обґрунтування ефективності процесу деформуюче-ріжучого протягування: автореф. дис. на здобуття ступеня доктора. техн. наук спец. 05.03.01 «Процеси механічної і фізико-технічної обробки, верстати та інструмент» / Е.К. Посвятенко – Київ, 1993. – 35 с.

11. Годунко М.О. Основи 3D моделювання і робототехніки: Навч. посіб. для проведення практичних занять / М.О. Годунко, А.І. Гречка. – К. : 7БЦ, 2024. – 42 с.

12. Мажара В.А. Система автоматизованого проектування технологічного оснащення / В.А. Мажара, К.К. Щербина, А.М. Артюхов, С.А. Тененика, І.С. Шестаков // Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. – Кропивницький : ЦНТУ, 2024. – Вип. 54. – С. 12-23.

13. Патент на винахід 23465А Україна, МПК (1998) В23D 43/00 Деформуюче-ріжуча протяжка / Чернявський О.О., Чернявський О.В., Лопатенко С.Г. ; заявник та патентотримач Кіровоградський національний технічний університет №23465А заявл. 02.06.1998 ; опубл. 31.08.1998, Бюл. №4.

14. Патент на корисну модель 44522 Україна, МПК (2009) В23D 43/00 Секція комбінованої протяжки / Чернявський О.В., Єрьомін П.М. ; заявник та

патентотримач Кіровоградський національний технічний університет № u200903236 заявл. 06.04.2009 ; опубл. 12.10.2009, Бюл. №19.

15. Патент на корисну модель 45379 Україна, МПК (2009) B23D 43/00 Комбінована протяжка / Чернявський О.В., Єрьомін П.М., Коваленко О.В. ; заявник та патентотримач Кіровоградський національний технічний університет № u200905080 заявл. 22.05.2009 ; опубл. 10.11.2009, Бюл. №21.

