

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

Факультет Факультет інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)

Кафедра Кафедра автомобілів
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Олег ЦЬОНЬ

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«29» січня 2024 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт»
(шифр і назва спеціальності)

студенту Рибському Андрію Олеговичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розроблення технологічного процесу відновлення блоків циліндрів двигунів

Керівник роботи Пиндус Т.Б., асистент.

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

Затверджені наказом ректора від « 29 » січня 2024 року № 4/7-73

2. Термін подання студентом завершеної роботи 24 червня 2024

3. Вихідні дані до роботи Базовий технологічний процес відновлення блоків циліндрів двигунів

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

1 Загально-технічний розділ. 2 Технологічний розділ. 3 Конструкторський розділ.

4 Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

Стенд для усунення дефектів двигуна – А1;

Пристрій для запресовки гільзи в блок циліндрів – А1;

Гільза циліндрів – А1;

Блок-картер в зборі – А1;

Існуючі способи відновлення гільз циліндрів ДВЗ – А1;

Компановка агрегатного верстату АСН-9 – А1;

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.	к.т.н. доц. Сенчишин В.С.		

7. Дата видачі завдання 29.січня 2024р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Загально-технічний розділ	15.02.2024	
2	Технологічний розділ	14.03.2024	
3	Конструкторський розділ	18.04.2024	
4	Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	08.05.2024	
5	Оформлення графічної частини	22.05.2024	
6	Захист кваліфікаційної роботи бакалавра	27.06.2024	

Студент

_____ (підпис)

Андрій РИБСЬКИЙ

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Тетяна ПИНДУС

_____ (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра на тему: «Розроблення технологічного процесу відновлення блоків циліндрів двигунів».

Робота виконана на кафедрі автомобілів Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя. Керівник кваліфікаційної роботи бакалавра асистент Пиндус Т.Б.

Пояснювальна записка складається з чотирьох розділів і 53 сторінки формату А4 та 6 аркушів формату А1 графічної частини.

Ключові слова: ремонт, блок двигуна, чавун, технологічний процес, контроль якості.

ЗМІСТ

Вступ	6
1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ	7
1.1 Визначення та розрізнення різних технологій.....	7
1.2 Огляд ремонтних поршнів.....	9
1.3 Огляд пошкоджень циліндрів і шлях усунення.....	10
1.4 Постановка завдання на виконання кваліфікаційної роботи бакалавра...	13
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	14
2.1 Встановлення алюмінієвих та чавунних гільз циліндрів.....	14
2.1.1 Циліндрові гільз циліндрів для блоків двигунів із сірого чавуну.....	14
2.1.2 Монтаж гільз циліндрів у алюмінієві блоки двигунів.....	16
2.1.3 Формування отворів циліндрів у алюмінієвих блоках двигунів.....	17
2.1.4 Виробництво необхідних гільз циліндрів.....	18
2.1.5 Облаштування отворів для гільз циліндрів у блоку двигуна.....	20
2.1.6 Скорочення об'єму гільз циліндрів.....	23
2.2 Процес алюмінієвого хонінгування.....	26
2.3 Розробка ТП хонінгування хонінгування.....	27
2.3.1 Параметри обробки для хонінгування.....	29
2.3.2 Оцінювання результатів.....	32
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	32
3.1 Підготовка 3D-моделі головки для хонігування, яка використовується в програмному метод скінченних елементів.....	32
3.2 Деформація тонкостінних деталей зі сталюю товщиною стінок.....	34
3.3 Симуляція термічних деформацій обробленої деталі у процесі хонінгування.....	37
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	46
4.1 Вимоги техніки безпеки до організації та утримання робочого місця....	46
4.2 Заходи безпеки на розбирально - складальних і слюсарних роботах.....	49
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	51
БІБЛІОГРАФІЯ	52
ДОДАТКИ	

ВСТУП

У сучасному світі технологічний прогрес та сталий розвиток вимагають не лише нововведень у виробництві, але й ефективного використання наявних ресурсів. Відновлення та ремонт автомобільних компонентів, зокрема блоків циліндрів двигунів, є важливою частиною промисловості, що сприяє зниженню витрат і збереженню матеріальних ресурсів. Блок циліндрів є однією з найбільш критичних деталей двигуна, яка зазнає значних механічних та термічних навантажень під час експлуатації. Відтак, розробка оптимальних технологічних процесів їх відновлення є актуальним завданням.

Основною метою даної кваліфікаційної роботи є розробка технологічного процесу відновлення блоків циліндрів двигунів, який включає аналіз існуючих методів ремонту, визначення оптимальних умов обробки, вибір матеріалів та обладнання. Робота передбачає також розгляд екологічних аспектів та економічної ефективності запропонованих рішень.

Для досягнення поставленої мети будуть виконані наступні завдання: аналіз літературних джерел та існуючих технологій відновлення; експериментальні дослідження процесів фрезерування, гонінгування та термічної обробки; розробка рекомендацій щодо оптимізації технологічних параметрів; оцінка якості відновлених блоків циліндрів.

Дана робота має практичне значення для автосервісних підприємств та виробництв, що спеціалізуються на ремонті та відновленні двигунів. Результати дослідження можуть бути використані для підвищення довговічності двигунів та зниження вартості їх ремонту.

1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Визначення та розрізнення різних технологій

У контексті дизельних двигунів можливо зазначити, що на цей момент ковзаючі поверхні циліндрів можуть бути виготовлені з литого сірого чавуну або мати покриття з заліза, нанесене методами плазмового осадження або електродугового напилення. Також продовжуються дослідження та удосконалення таких процесів та аналогічних. Це вже призвело до численних оптимістичних висновків. Проте застосування алюмінієво-кремнієвих ковзних поверхонь у дизельних двигунах в найближчий час не планується на серійному рівні через підвищені вимоги до зносостійкості цих поверхонь і жорсткості корпусу двигуна, особливо через високий тиск у циліндрах.

Для бензинових двигунів з алюмінієвими блоками технологія стала більш поширеною. Методи обробки та доопрацювання до такої міри розвинуті, що тепер можливо повністю реалізувати потенціал алюмінієвих блоків. Проте, для декількох бензинових двигунів з прямим уприскуванням палива досі тривають спроби підвищити трибологічні властивості та зносостійкість ковзних поверхонь циліндрів. Двигуни рядної або V-подібної конструкції, які були вироблені в середині 90-х, можуть мати нікелеве або хромове покриття ковзних поверхонь. Зокрема, одноциліндрові двигуни, які застосовуються в мотоциклах, часто обробляються нікелем або хромом.

У разі невизначеності можна використовувати викрутку або подібний інструмент для перевірки, чи має поверхня покриття (нікель чи хром) або вона виготовлена з алюмінієво-кремнієвого сплаву. Якщо це непокрита алюмінієво-кремнієва поверхня, то легко можна залишити на ній подряпину кінчиком викрутки (рекомендується проводити тест на участку, який не контактував з поршневими кільцями). Якщо ж поверхня покрита нікелем чи хромом, лезо не зможе проникнути і залишить лише легкі сліди, якщо взагалі якісь. Особливістю нікелевих покритих поверхонь є їхній жовтуватий колір у порівнянні з алюмінієм. Крім того, на них зазвичай присутні сліди хонінгування, оскільки проводиться додаткова обробка ковзних поверхонь.

Покриття з нікелю та заліза може потребувати додаткових заходів, таких як хонінгування. Водночас, на поверхнях з алюмінієво-кремнієвого сплаву сліди хонінгування мають бути мінімальними або відсутніми, якщо вони залишилися у своєму первісному стані.

У підсумку, у випадках, коли тест на подряпини дає позитивний результат та подряпина є, це свідчить про наявність алюмінієво-кремнієвої ковзної поверхні. В такому випадку можливі свердління та механічна обробка. Також, при необхідності, можна вмонтувати вкладиш через ушкодження ковзної поверхні.

Виявити, чи є в циліндрах вставки з сірого чавуну або чи вони покриті нікелем або залізом, може бути складніше. Однак у процесі ремонту не завжди критично розрізняти між нікелевим і залізним покриттями. Метод ремонту однаковий для обох випадків. Таким чином, необхідно тільки встановити, чи є вкладиш з сірого чавуну або ж це покриття. У випадку чавунного вкладиша різницю в кольорі з алюмінієм легко помітити. Перехід може бути на кілька міліметрів від верхнього або нижнього краю циліндра в зоні ковзної поверхні (рис. 1.1) або чавунний вкладиш може тягнутися до поверхні ущільнення головки циліндра і буде визначений тут за зміною кольору (рис. 1.2).

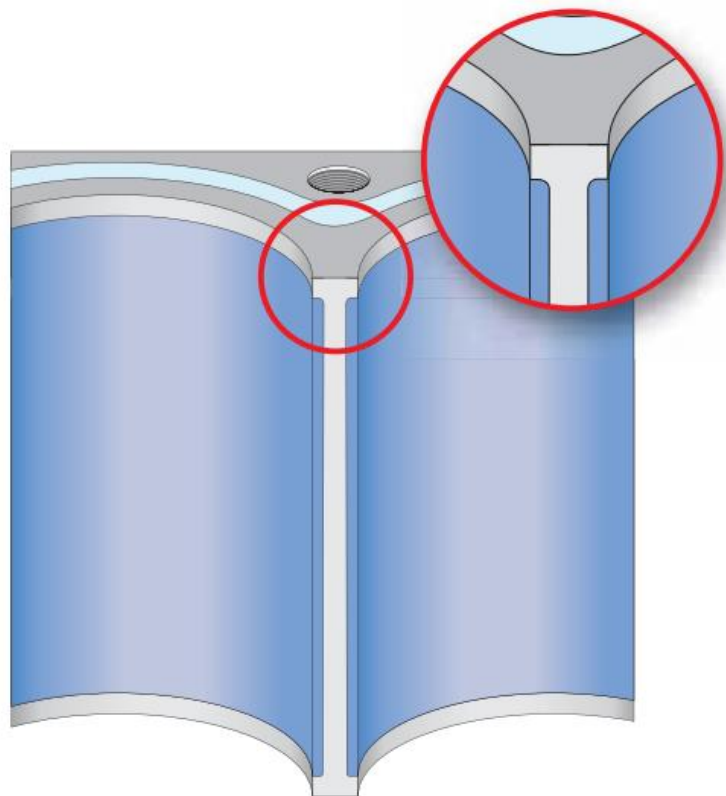


Рис. 1.1. Циліндр.

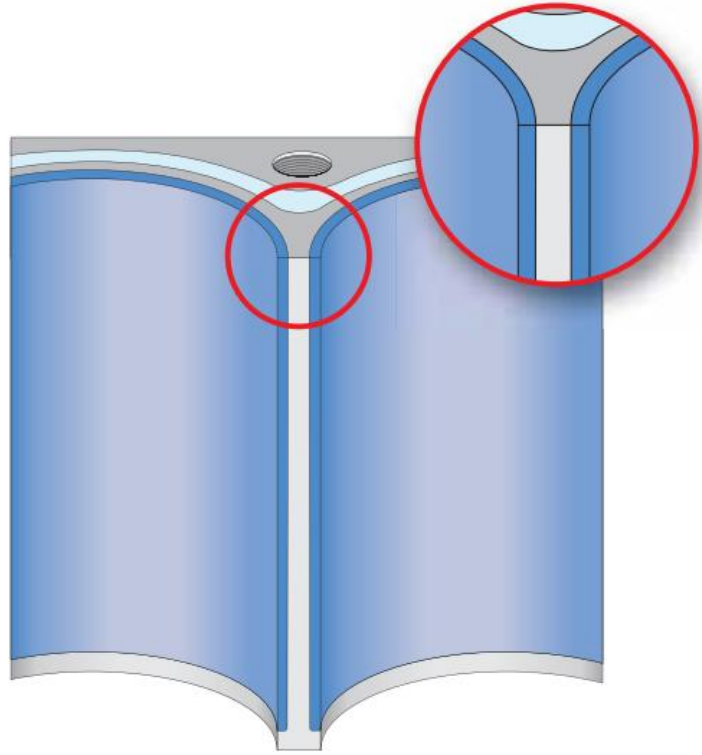


Рис. 1.2. Циліндр.

1.2 Огляд ремонтних поршнів

Основним фактором при виборі методу відновлення є доступність відповідних поршнів для ремонту. Спершу потрібно з'ясувати, чи доступні поршні для конкретного двигуна, який потребує ремонту, і якщо так, то які конкретно. Поршні збільшеного розміру зазвичай не доступні – принаймні від виробника двигунів – для ковзних поверхонь циліндрів, що були післязаводськи покриті або оброблені лазером. Виробники двигунів зазвичай вважають, що ремонт таких двигунів неможливий через брак належного обладнання для ремонту та нанесення покриттів.

В При використанні чавунних вставок, теоретично можливе пересвердлювання до наступного більшого розміру. Оскільки ці методи не передбачають покриття циліндрів, поверхня матеріалу стає готовою до фінішної обробки після пересвердлювання. Основною вимогою для розточування є наявність поршнів більшого розміру. Проте, немає жодних гарантій, що вони будуть доступні як замінні частини. Зацікавленість виробників двигунів і поршнів у пропозиції замінних поршнів зазвичай більша для двигунів, які експлуатуються частіше і виготовляються у великих обсягах,

ніж для двигунів вищого класу великого об'єму, що виробляються лише невеликими партіями. Тобто, можливість замовлення поршнів більшого розміру залежить від їхнього попиту та потенціалу реалізації.

1.3 Огляд пошкоджень циліндрів і шлях усунення

Коли ушкодження торкається лише одного циліндрового отвору чи ковзної поверхні блоку двигуна, наприклад через дефекти клапана чи поршня, рекомендовано встановлювати циліндрову втулку тільки в уражений циліндр. Загальна реставрація та ремонт усіх циліндрів блоку двигуна за допомогою ремонтних гільз циліндрів вважаються менш доцільними через значні витрати на ремонт та матеріали. Це стосується методів ковзних поверхонь із алюмінієво-кремнієвих сплавів, а також циліндрів із нікельовим або залізним покриттям. Пересвердлювання алюмінієво-кремнієвих ковзних поверхонь, придатних до ремонту, завжди вважається більш прийнятним ніж встановлення ремонтних гільз циліндрів. Втім, не завжди можна уникнути непередбачених деформацій чи послаблення блоку двигуна, що виникають під час ремонту.

Перегородки між циліндрами зазвичай мають дуже малу товщину. Зокрема, товщина стінки циліндра (див. рис. 1.3) становить лише 5–7 мм. Коли гільз циліндрів монтуватимуться в сусідні циліндри, між ними залишиться лише тонка перегородка. У деяких випадках це може негативно позначитися на стійкості двигуна. З технічної точки зору набагато краще зберегти цілісні властивості блоку двигуна, ніж навмисно створювати неоднорідні з'єднання. Бажано виконувати ремонт тільки в необхідному обсязі, а не максимально можливому.

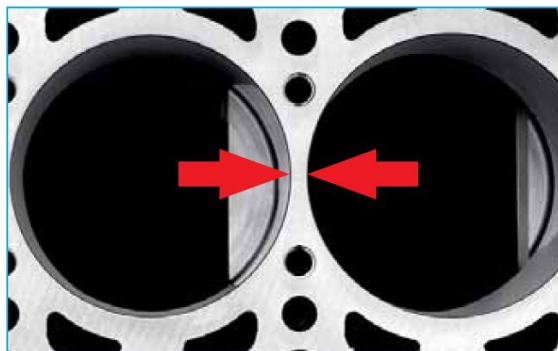


Рис. 1.3. Перегородки між циліндрами.

Зношені алюмінієво-кремнієві ковзаючі поверхні циліндрів. Циліндри в двигунах із алюмінієво-кремнієвими ковзними поверхнями можуть бути реставровані аналогічно до тих, що виготовлені з сірого чавуну. Зокрема, блок двигуна можливо повернути до функціонального стану з розумними затратами часу та ресурсів за допомогою перебудування та хонінгування до збільшеного діаметру.

Зношені нікелеві, хромові або залізні ковзні покриття циліндрів.

Цей тип ковзних покриттів циліндрів не піддається відновленню через розточування до більшого діаметру. Покриття цих поверхонь настільки тонке, що воно повністю зникне в процесі перебудування. Відновлення покриття можливе лише на спеціалізованих підприємствах, оснащених відповідним обладнанням для повторного нанесення нікелевого покриття на окремі циліндри (наприклад, для мотоциклів). Знайти компанію, здатну виконати такі роботи для багатоциліндрових блоків двигунів, майже неможливо. Що стосується залізних покриттів (нанесених методом плазмового випаровування чи електричної дуги), то немає відомостей про будь-які компанії, здатні виконувати перепокриття окремих блоків двигунів.

Таким чином, у разі ушкоджень ковзних поверхонь циліндрів ми завжди радимо провести ремонт ушкоджених циліндрів. Економічна доцільність встановлення комплекту чавунних гільз циліндрів залежить від вартості та очікуваного результату. Відтак, повне встановлення гільз циліндрів у блоки двигунів є затратним процесом.

Ушкоджені ковзні поверхні циліндрів, оброблені лазерним легуванням. Тут діють такі самі принципи, як і для поверхонь циліндрів із залізним покриттям. Перебудування до розширеного діаметру неможливе через занадто тонке покриття з кремнієвого сплаву. Тому поршні збільшеного розміру не доступні.

Оскільки такі ковзні поверхні циліндрів складаються з алюмінієво-кремнієвого сплаву, а поршні та кільця, рухаються по видимим кремнієвим кристалам, можливий ремонт циліндрів шляхом монтажу вставок.

Це дозволяє зберегти оригінальні діаметри циліндрів і встановити стандартні поршні.

Для аналізу якості хонінгу, поверхні ковзання циліндрів можна оцінити за допомогою приладу для виміру шорсткості після фінальної обробки. У зв'язку з великою різноманітністю двигунів, у цьому брошурі не можливо надати порівняльні показники для кожного типу двигуна. Відомо, що виробники двигунів не діляться своїми виробничими даними, тому тут можливі тільки загальні рекомендації. Приладом для виміру шорсткості, здатен виміряти поверхні ковзання кожного блоку двигуна, який має бути відновлений, перед розпочаттям робіт. Вимірювання має бути проведено зверху або знизу кінця циліндра, який не мав контакту з поршневими кільцями. Отримані таким чином дані повинні бути достатньо точними для ремонту. Чи будуть досягнуті заплановані показники під час ремонту, залежить від наявності обладнання та досвіду ремонтника.



Рис. 1.4. Приладом для виміру шорсткості

Цей перегляд демонструє, які види ремонтних робіт теоретично можливі, ілюстровано це через графіки та таблиці. Визначення економічної вигоди будь-якого конкретного ремонту залежатиме від його обсягу та локальних витрат на робочу силу, що потребує окремого аналізу.

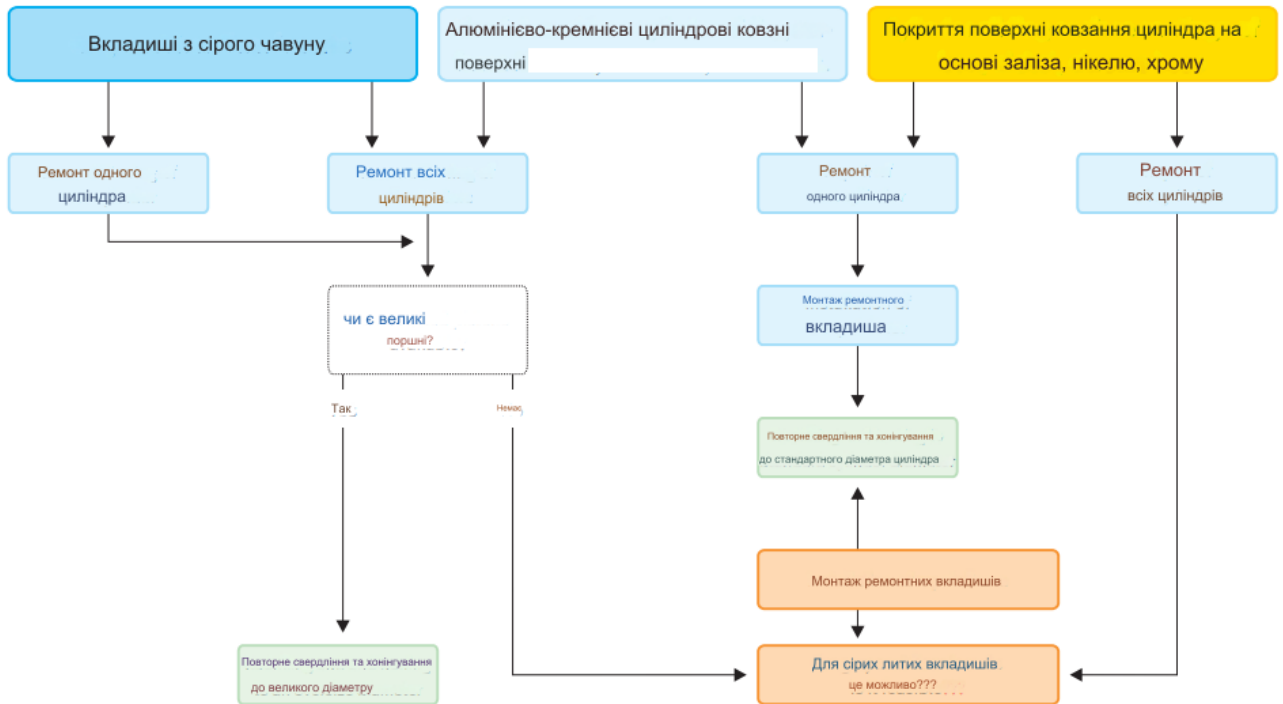


Рис. 1.5. Перегляд варіантів ремонту.

1.4 Постановка завдання на виконання кваліфікаційної роботи бакалавра

В технологічному розділі вивчити та оптимізувати процеси встановлення алюмінієвих та чавунних гільз циліндрів. Оцінити технології встановлення гільз для блоків двигунів із сірого чавуну. Розробити методики монтажу гільз циліндрів у алюмінієві блоки двигунів. Проаналізувати процеси формування отворів для гільз у алюмінієвих блоках двигунів. Вдосконалити методи виробництва необхідних гільз. Оптимізувати процеси облаштування отворів та скорочення об'єму гільз. Розробити технологічний процес алюмінієвого хонінгування, включаючи визначення оптимальних параметрів обробки та оцінку результатів.

В конструкторському розділі розробити 3D-моделі головок для хонінгування з використанням програмного забезпечення для скінченних елементів. Проаналізувати деформацію тонкостінних деталей зі сталюю товщиною стінок. Вивчити термічні деформації обробленої деталі у процесі хонінгування та їх вплив на якість та точність кінцевого продукту.

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Встановлення алюмінієвих та чавунних гільз циліндрів

2.1.1 Циліндрові гільз циліндрів для блоків двигунів із сірого чавуну

Процес монтажу сухих чавунних гільз циліндрів у блоки двигунів із сірого чавуну та їхню заміну. Існують певні відмінності у порівнянні з подальшими розділами, які охоплюють встановлення алюмінієвих або чавунних гільз циліндрів у алюмінієві блоки двигунів.

Загалом, використовуються два види сухих гільз циліндрів для чавунних блоків двигунів. Один із них – це втулка типу вільна посадка (втулка для вільного встановлення), інший – пресова посадка (втулка для пресованого встановлення). На відміну від алюмінієвих блоків, виробник двигунів спочатку планував можливість відновлення за допомогою заміни гільз циліндрів. Обидва типи гільз циліндрів можна придбати як у виробника двигунів, так і на загальнодоступному ринку запасних частин.



Рис. 2.1. Типи гільз для гільзовки.

Назва кожного типу гільз циліндрів пояснює метод їхнього встановлення. Обидва види мають однакову конструкцію. У обох випадках зовнішній діаметр виготовляється за вимірами, і часто вони мають фланець у зоні монтажу головки циліндра. Основна різниця – крім вимірів – полягає в тому, що циліндрові поверхні гільз циліндрів типу пресова посадка потребують додаткової обробки (хонінгування) після монтажу, в той час як гільз циліндрів типу вільна посадка вже мають необхідну обробку і хонінгування.

Перевагою обох конструкцій є те, що блоки двигунів можуть бути багаторазово відновлені за допомогою нових гільз циліндрів. Версія гільз циліндрів для вільного встановлення може бути монтувана в майстерні будь-яким механіком без застосування спеціального обладнання.

Циліндрові гільз циліндрів з вільним встановленням. У порівнянні з вирізами для циліндрів, ці гільз циліндрів характеризуються трохи меншим діаметром. Завдяки зазору при монтажі від -0.01 до 0.03 мм, гільз циліндрів можуть бути встановлені та зняті вручну без значних зусиль. В цій конструкції наявність фланця гільз циліндрів критично важлива для забезпечення її надійної фіксації у визначеному положенні всередині блоку двигуна під час його роботи. Фланець гільз циліндрів зажимається у блоку двигуна та стабілізується в осьовому напрямку через тиск ущільнювача головки циліндра. Основні недоліки гільз циліндрів з вільним встановленням включають незначний зазор між циліндровою втулкою та її пазом, що призводить до дещо зниженого теплопереносу між втулкою та блоком двигуна.

Пресовані гільз циліндрів для циліндрів. На відміну від циліндрових отворів, пресовані гільз циліндрів мають дещо більший зовнішній діаметр. Внаслідок наявного зазору від -0.03 до 0.08 мм (залежно від діаметру гільз циліндрів), ці гільз циліндрів монтуються в холодному стані до блоку двигуна за допомогою преса. Через використаний тиск при монтажі, гільз циліндрів можуть набувати овальної форми та деформуватися під час установки. Тому циліндрові гільз циліндрів виготовляються з меншим на 1 мм внутрішнім діаметром (напівфінішне виконання), і після пресування потребують доведення до необхідних розмірів шляхом свердління та хонінгування. Оскільки такі гільз

циліндрів встановлюються у двигун з прес-підгонкою, наявність фланця для фіксації не є обов'язковою та не передбачена для деяких конструкцій двигунів.

Проте у випадках використання пресованих гільз циліндрів з фланцем, ми радимо зберегти його. Зокрема, у критичних умовах експлуатації, коли поршень застрягає в циліндрі, зовнішній тиск на діаметр гільз циліндрів часто виявляється недостатнім для утримання гільз циліндрів на місці. Вона може бути витягнута вниз за допомогою тертя поршня, коли він застрягає, і зазнає сильного стиснення маховиком колінчастого валу.

2.1.2 Монтаж гільз циліндрів у алюмінієві блоки двигунів

У порівнянні з алюмінієвим матеріалом блоку двигуна, гільз циліндрів з сірого чавуну характеризуються нижчим коефіцієнтом теплового розширення. Сірочавунні гільз циліндрів розширюються приблизно наполовину менше під час експлуатації порівняно з алюмінієвим блоком двигуна. З цієї причини, прес-підгонка у алюмінієвому блоку двигуна має бути більшою, ніж у блоку двигуна з сірого чавуну. Через великий зазор та знижену міцність алюмінієвих блоків, не рекомендується пресувати чавунні гільз циліндрів. Тиск, необхідний для пресування, може зруйнувати блок двигуна в певних умовах.



Рис. 2.2. Гільзовка блоку двигуна.

Алюмінієві гільз циліндрів мають коефіцієнт теплового розширення, аналогічний алюмінієвому блоку двигуна, але через їхню нижчу міцність вони

можуть бути суттєво деформовані або зруйновані під час прес-підгонки. Крім того, алюмінієві циліндрові гільз циліндрів могли б швидко застрягти у вирізах циліндра через необхідний тиск. Тиск, потрібний для прес-підгонки, значно збільшився б, що призвело б до знищення гільз циліндрів та блоку двигуна.

2.1.3 Формування отворів циліндрів у алюмінієвих блоках двигунів

Є два основних способи формування отворів циліндрів у алюмінієвих блоках, які детально описані в наступних ілюстраціях. Фланець гільз циліндрів, який забезпечує механічне закріплення гільз циліндрів, не завжди є необхідним для алюмінієвих блоків двигунів або може бути неможливим залежно від дизайну. Завдяки великому зазору між розмірами циліндрової гільз циліндрів та пазом, втулка надійно вписується в паз навіть без фланця. Головна перевага фланця гільз циліндрів полягає в точно визначеному ліміті для гільз циліндрів під час процесу усадки. Оскільки цей процес має відбуватися швидко, для гільз циліндрів не залишається часу для саморегуляції всередині пазу. Втулка має бути встановлена одним кроком. Чітко визначений стоп у вигляді фланця або сліпого отвору є критично важливим. На малюнку 2.3 зображено паз для циліндрової гільз циліндрів з фланцем.

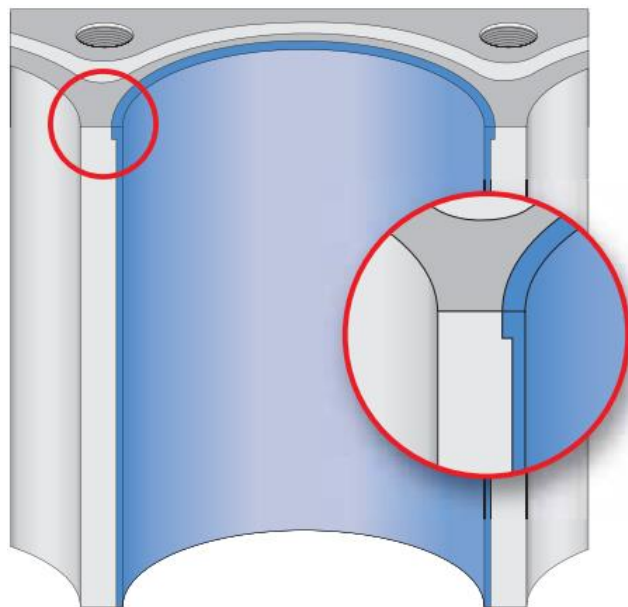


Рис. 2.3. Паз для циліндрової гільз циліндрів з фланцем.

Через зменшення відстані між циліндрами та вузькі стінки між сусідніми циліндрами, простір для встановлення гільз циліндрів обмежений. Наявність

фланця гільз циліндрів в області ущільнювальної поверхні головки циліндра ускладнює монтаж. Тому версію з фланцем гільз циліндрів рекомендується переважно для блоків двигунів з окремими циліндровими трубами або для блоків з достатньо широкими циліндровими стінками, щоб розмістити фланець гільз циліндрів.

На малюнку 2.4 показано, що можна зробити без фланця гільз циліндрів. Щоб забезпечити точне розташування гільз циліндрів в блоку двигуна під час усадки і в процесі експлуатації, паз циліндра не доходить до кінця ковзної поверхні. Виникаючий крок виконує функцію відсутнього фланця гільз циліндрів. Побічним ефектом цього дизайну є економія часу, оскільки не потрібно створювати фланець гільз циліндрів або місце для фланця. Через зменшення відстані між циліндрами та виникаючі проблеми, ця версія буде все частіше використовуватися у найближчому майбутньому.

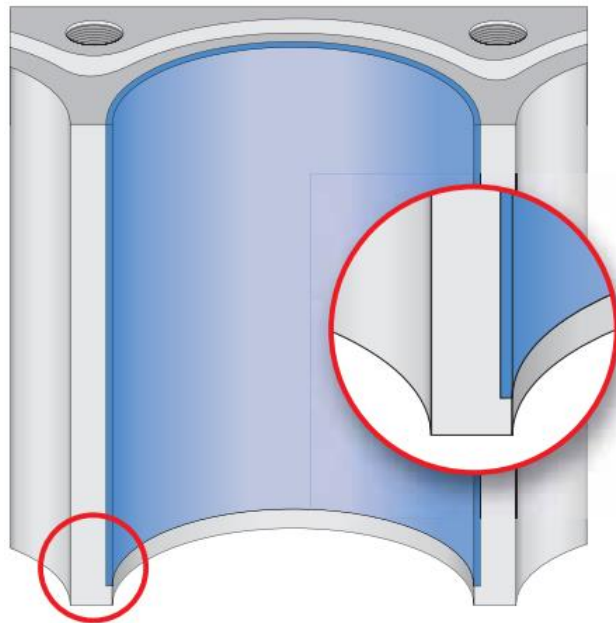


Рис. 2.4. Паз без фланця гільз циліндрів.

2.1.4 Виробництво необхідних гільз циліндрів

Враховуючи різноманіття дизайнів блоків двигунів та складності у визначенні потреб у компонентах та матеріалах, неможливо запропонувати готові або напівготові гільз циліндрів, які б відповідали всім вимогам. Таким чином, кожен спеціаліст з реставрації алюмінієвих блоків повинен самостійно

займатися виготовленням або замовленням виробництва необхідних гільз циліндрів з алюмінію або сірого чавуну.

Для створення алюмінієвих та чавунних гільз циліндрів необхідний токарний верстат із достатньо великим механізмом затиску заготовок (рис. 2.5). У зв'язку з великою довжиною гільз циліндрів та ймовірною відсутністю сировини у формі стержнів чи труб, рекомендується використовувати додаткову опору (опорна плита, центрувальний штифт і т.д.) на токарному верстаті під час виготовлення гільз циліндрів.

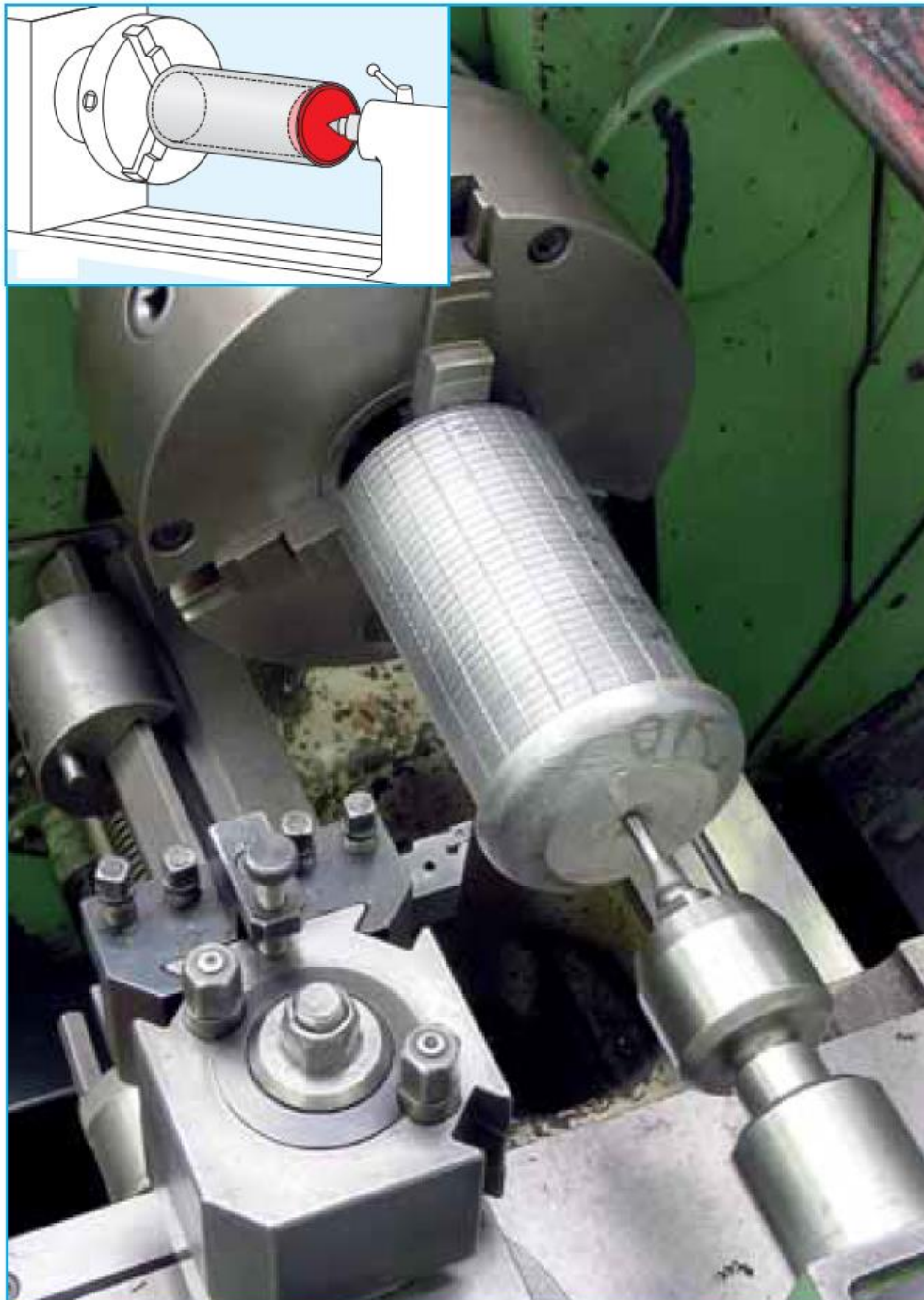


Рис. 2.5. Великим механізмом затиску заготовок.

Алюмінієві гільзи циліндрів. Для створення алюмінієвих гільз циліндрів доступні циліндрові гільзи циліндрів у двох варіантах розміру (рис. 2.6). Компонентний склад цих гільз циліндрів відповідає складу оригінальних алюмінієвих блоків двигунів ALUSIL®. Такий матеріал підходить не тільки для використання в блоках, але також для ремонту блоків, виготовлених за технологіями.

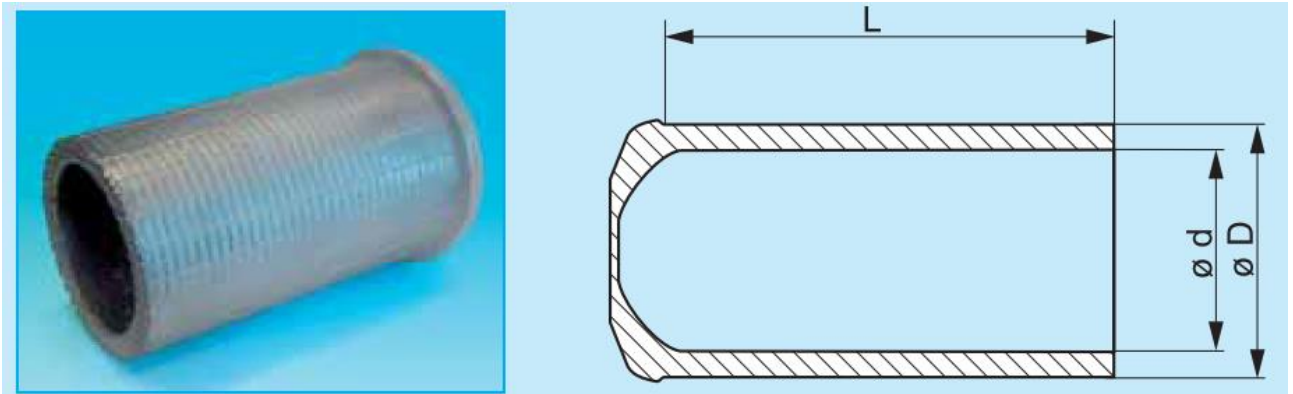


Рис. 2.6. Гільзи циліндрів.

Чавунні гільзи циліндрів. В принципі, будь-яка втулка - волога чи суха, з підходящим діаметром, яка може бути налаштована під потрібні параметри, може використовуватись для створення потрібних чавунних гільз циліндрів.

Принципово, будь-яка волога або суха циліндрова втулка з відповідним діаметром, яку можна адаптувати для потрібної мети, може бути використана для виготовлення необхідних чавунних гільз циліндрів.

2.1.5 Облаштування отворів для гільз циліндрів у блоку двигуна

Кришки підшипників колінчастого валу монтуються з установкою підшипникових вкладишів (нових або б/у) та закручуються згідно з моментом затягування, рекомендованим виробником двигуна. Потім блок двигуна встановлюється на свердлильний верстат, грубо вирівнюється і фіксується. Наступне точне вирівнювання проводиться шляхом установки компенсаційних пластин під нього або повороту робочого столу до моменту, коли блок двигуна не опиниться у кінцевому положенні для обробки.

Щоб забезпечити розташування отворів гільз циліндрів під строго прямим кутом до осі колінчастого валу під час обробки, рекомендується

вирівнювати блок не лише з орієнтуванням на лицьову поверхню блоку двигуна, а й перевіряти прямокутність за допомогою вертикального переміщення індикатора по циліндрових отворах (уздовж та впоперек осі колінчастого валу). Найбільш точний спосіб вирівнювання блоку двигуна на фінальній машині полягає в вимірюванні зазору в підшипниках колінчастого валу та вирівнюванні блоку двигуна за осями X та Y відносно осі колінчастого валу. Також можливе виявлення або коригування будь-яких існуючих розбіжностей у паралельності поверхні ущільнення головки циліндра та прямокутності циліндрових отворів, які могли виникнути внаслідок попередньої обробки. Цей метод особливо рекомендований, якщо обробка лицьової поверхні блоку двигуна має виконуватися у два або більше етапів, як це часто буває з V- та W-образними конфігураціями циліндрів.

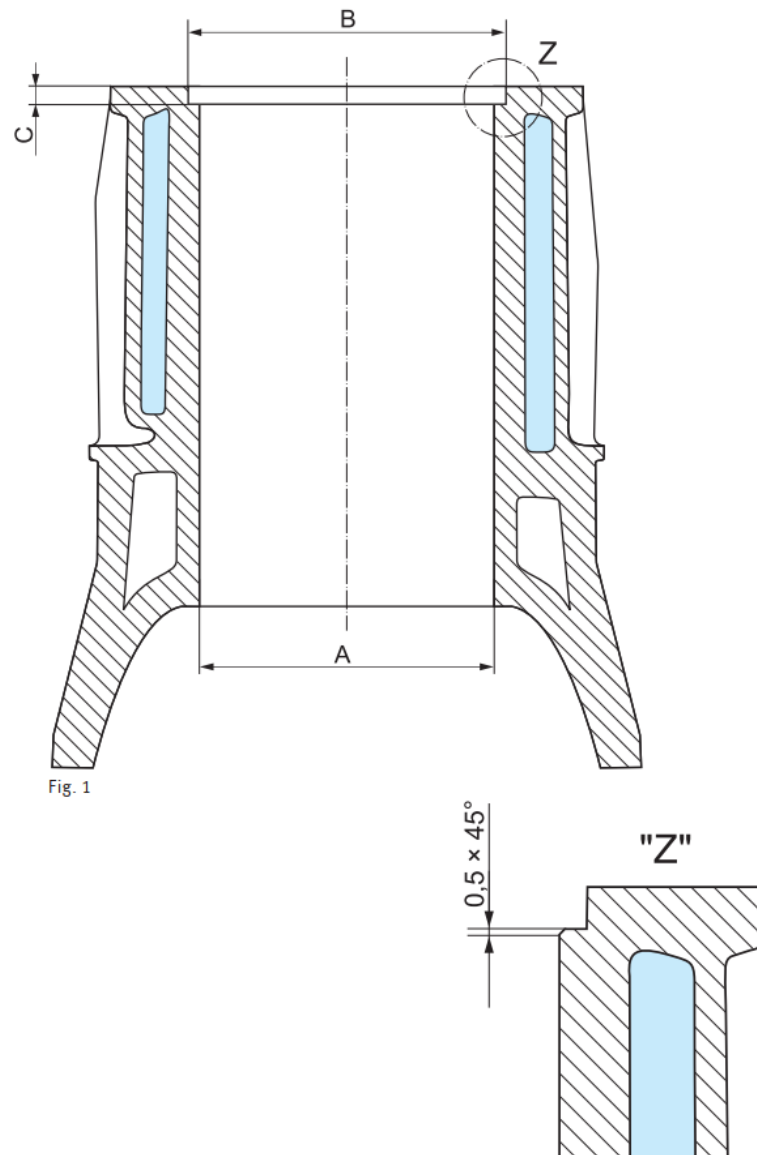


Рис. 2.7. Підготовка для встановлення гільзи.

Інструменти з карбідними чи алмазними вставками можуть застосовуватись для обробки отворів під гільз циліндрів. Вища швидкість обробки зменшує видалення матеріалу, а гостріше лезо забезпечує кращу якість поверхні пазу. Для створення ідеально круглих отворів з точними параметрами, рекомендуються наступні кроки обробки отворів циліндрів:

Етап 1. Попереднє свердління з видаленням матеріалу до максимум 0,5 мм на прохід

Етап 2. Заключне свердління з видаленням матеріалу до максимум 0,1 мм
Наступні етапи застосовуються лише до гільз циліндрів з фланцем.

Етап 3. Підготовка та обробка пазу для фланця гільз циліндрів до бажаної глибини "С"

Етап 4. Фаска верхнього краю пазу циліндра для уникнення проблем з монтажем через неточності між формою фланця гільз циліндрів та верхнім краєм пазу циліндра. (Рекомендовані параметри: 0,5 мм x 45° (див. рисунок 2.7))

Відновлення сусідніх отворів циліндрів. Кожен блок двигуна є унікальним. Не завжди можна передбачити поведінку матеріалу під час реставрації. Для блоків двигунів з литими разом циліндровими трубами з вузькими стінками (рис. 2.8) може бути рекомендовано спочатку обробити один паз циліндра, а потім встановити втулку. Сусідній паз циліндра потім обробляється та перевстановлюється у повністю окремому процесі. Це мінімізує або виключає деформації в пазі сусіднього циліндра, які могли виникнути через стискання першої гільз циліндрів.



Рис. 2.8. Блок циліндрів.

У блоках двигунів з окремими циліндровими трубами, які не були відлиті разом (рис. 2.9), такі проблеми відсутні через брак механічного зв'язку з сусідніми циліндрами. Тут пази циліндрів можуть бути оброблені один за одним без затримок.



Рис. 2.9. Блок двигунів з окремими циліндровими трубами.

2.1.6 Скорочення об'єму гільз циліндрів

Охолодження гільз циліндрів за допомогою сухого льоду. Застосування сухого льоду дозволяє знизити температуру гільз циліндрів до приблизно -80°C . Простий метод створення сухого льоду включає використання CO_2 (двоокису вуглецю) із компресійної пляшки підіймальної системи. Сухий лід формується в результаті раптового і інтенсивного розширення газу, коли він виходить наружу. Зібрати сухий лід можна в ізольований контейнер, який має задовольняти стандарти теплоізоляції та міцності. демонструє використання шкіряного мішка для цієї цілі. Гільз циліндрів розміщують в підходящому контейнері (підійде звичайна картонна коробка) і обкладають їх сухим льодом для зниження температури.

Скорочення розмірів гільз циліндрів за допомогою рідкого азоту. Гільза поміщається в рідкий азот (див. рисунок 2.10), що дозволяє знизити її температуру до діапазону від -180° до -200° Цельсія. Забезпечення рідким азотом може бути виконане через місцевих постачальників газів.



Рис. 2.10. Гільза поміщається в рідкий азот.

Оптимальна процедура прогрівання блоку двигуна включає застосування достатньо великої печі для цієї мети (див. рис. 2.11). Блок двигуна розміщують у печі, яка була попередньо нагріта до $120\text{--}140^\circ\text{C}$, і тримають там близько 20–30 хвилин. Існує також можливість прогрівання блоку двигуна у ванні з розігрітою олією. Всі залишки олії у отворах для циліндрів необхідно видалити до початку процедури зменшення. В жодному разі не можна застосовувати відкрите вогнище для прогрівання блоку двигуна, оскільки це може призвести до нерівномірного нагрівання та постійної деформації матеріалу, що зробить блок двигуна непридатним.



Рис. 2.11. Блок двигуна розміщують у печі.

Температурний розрив у приблизно 200°C між блоком двигуна та втулкою є важливим для забезпечення безпечного монтажу.

При використанні рідкого азоту для монтажу алюмінієвих циліндрових гільз циліндрів немає необхідності прогрівати блок двигуна. Тим не менш, рекомендується, якщо можливо, підігрівати блок двигуна до температури близько 100–120° Цельсія.

Монтаж гільз циліндрів є безпроблемним процесом. Процедура охолодження втулки знижує її діаметр на приблизно 0.15 мм, тоді як прогрів блоку двигуна розширює відповідний отвір на 0.10 мм. В результаті, при монтажі втулки утворюється зазор від 0.15 до 0.20 мм, що менше необхідного перекриття. Монтаж втулки слід здійснювати швидко та за один етап. В процесі монтажу втулка повинна легко вставати на своє місце в отворі. Тим не менш, можливе її часткове відскокування під час розміщення в блок двигуна. Тому втулку слід тимчасово придавити, використовуючи дерев'яний або пластиковий елемент, щоб уникнути її закріплення в неправильному положенні. Втулка буде остаточно зафіксована, коли температурний баланс між втулкою та отвором буде досягнутий. Якщо втулка зафіксована неправильно, процес усадження слід повторити, оскільки повторне вставлення неможливе. Пошкоджену втулку потрібно висвердлювати за допомогою свердлильного верстата та видаляти. У цьому випадку свердлення продовжується, поки товщина стінки не зменшиться до 0.3–0.5 мм, після чого залишки видаляються за допомогою викрутки.

Завершивши монтаж гільз циліндрів і налаштування блоку двигуна, потрібно згладити його поверхню (див. рис. 2.12). Для забезпечення ідеально гладкої поверхні слід зняти 0.1 мм матеріалу.



Рис. 2.12. Згладжування поверхні блоку.

2.2 Процес алюмінієвого хонінгування

На рис. 2.13. демонструються відповідні стадії оброблювання у вигляді схеми. Під час оброблення алюмінієво-силіцієвих поверхонь слід наголосити, що кожен з зазначених етапів є критичним для досягнення кінцевої якості. Помилки, зроблені на стадії розсвердлювання (наприклад, використання невідповідних або тупих інструментів, чи порушення технічних умов), не можуть бути виправлені у подальших стадіях оброблення. Аналогічно це впливає на наступний процес хонінгування. Лише дотримання встановлених параметрів оброблення забезпечить, що силіцієві кристали - що служать міцною та зносостійкою арматурою поверхні циліндра - будуть вирізані точно і не будуть висмикувані.

Первинне хонінгування у серійній виробництві здійснюється за допомогою хонінгувальних каменів з металевим зв'язуванням діамантів, яке можна опустити при відновленні алюмінієвих блоків моторів. Ця процедура виконується для скорочення тривалості обробки та подовження життя інструментів у серійному виробництві. Проте, цей крок не є вигідним для ремонтних майстерень через збільшену вартість інструментів та обробки.

Твердість зв'язки у хонінгувальних каменях з металевим зв'язуванням діамантів значно впливає на їхні зносостійкі властивості та самоострювальний ефект. Отже, такі інструменти потрібно регулярно перевіряти та при необхідності загострювати, щоб зберігати їхню різальну спроможність. Якщо не здійснювати потрібне загострення тупих хонінгувальних каменів, збережеться їхня здатність до різання, але втрата силіцієвих кристалів на поверхні циліндра не зможе бути виправлена наступним хонінгуванням. Тому ми рекомендуємо використовувати лише синтетично зв'язані діамантні хонінгувальні камені KS для остаточного хонінгування. Їхня здатність до видалення матеріалу та самоострювальний процес є високими, результати обробки оптимальні, і трохи довший час обробки не має значення.

2.3 Розробка ТП хонінгування хонінгування

Для зведення до мінімуму ушкоджень кристалів під час механічної обробки, процес свердління циліндричних отворів має виконуватися у дві фази, з видаленням матеріалу по 0.1 мм на кожному кроці.

Зниження об'єму матеріалу в ході хонінгування коливається між 0.03 та 0.05 мм, тому фінальне свердління має виконуватися на 0.06 до 0.10 мм менше, ніж потрібний діаметр циліндра. Бурти, які формуються на верхній мертвій точці через свердління, згодом знімаються шляхом фасонування (див. рис. 2.14). Внаслідок тоншання поршневих кілець, ширина фаски завжди має бути меншою за 0.5 мм, щоб запобігти розширенню поршневих кілець у фаску під час монтажу поршнів в циліндр. Це може спричинити ламання поршневих кілець або їх кріплень.

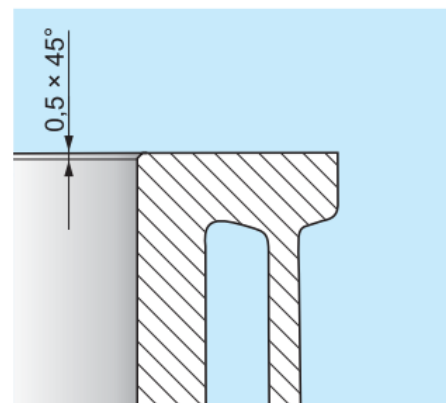
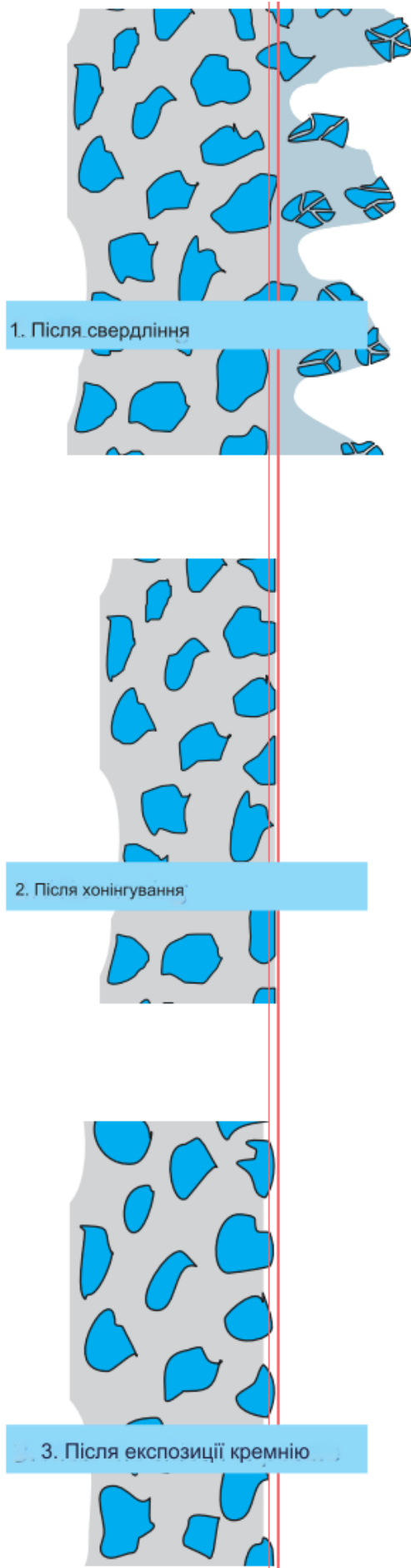


Рис. 2.14. Фасонна поверхня.

Рис. 2.13. Даграма обробки.

Хонінгування досягається завдяки постійному контакту між поверхнею інструмента та оброблюваною деталлю. Матеріал видаляється за допомогою абразивів (зв'язаних зерен), що вмонтовані в камені для відполіровування. Ці камені вставляються у головки для хонінгування, які можуть регулюватися радіально та паралельно поверхні за допомогою рейкового або конічного механізму для досягнення потрібного тиску. Під час Хонінгування інструмент переміщується одночасно у радіальному та осьовому напрямках, створюючи перехресний шліфувальний візерунок, який є характерним для відполіровування. Тому хонінгування також називають перехресним шліфуванням. Залежно від співвідношення швидкості обертання до швидкості підйому, формуються крутіші або пологіші кути хонінгування. Під час процесу хонінгування використовується масло для хонінгування, а у випадку обробки сірого чавуну - емульсія масла та води, що рясно наноситься для змивання металевих стружок та абразивних зерен.

Шорсткість ковзної поверхні з алюмінієвого силіцію не визначається розміром абразивних зерен, які використовуються, а також не залежить від глибини, що можлива при створенні візерунка відполіровування (перехресного шліфування), на відміну від процесів, що застосовуються до сірого чавуну. Окрім того, характеристика шорсткості визначається розміром зерен основних кристалів силіцію, та глибиною, на якій вони виявляються.

Відмінності між обробленою поверхнею циліндра з сірого чавуну та поверхнею детально розглянуті нижче. На малюнку 2.15 зображено поверхню циліндра з сірого чавуну після фінішної обробки з графіком шорсткості, тоді як поверхню циліндра з відповідним графіком шорсткості.

Текстура поверхні, типова для ковзної поверхні циліндра з сірого чавуну (перехресне шліфування), включає у себе вали (поглиблення) для затримки масла та плато, які формуються на різних стадіях обробки за допомогою відполіровування. Плато, які служать ковзною поверхнею для поршневих кілець, утворюються на завершальній стадії шляхом зрізання вершин профілю. В результаті, на ці плато впливає зазначений тиск. Камінь для хонінгування, кут хонінгування, розмір зерна та швидкість хонінгування є важливими параметрами для отримання правильної топографії поверхні.

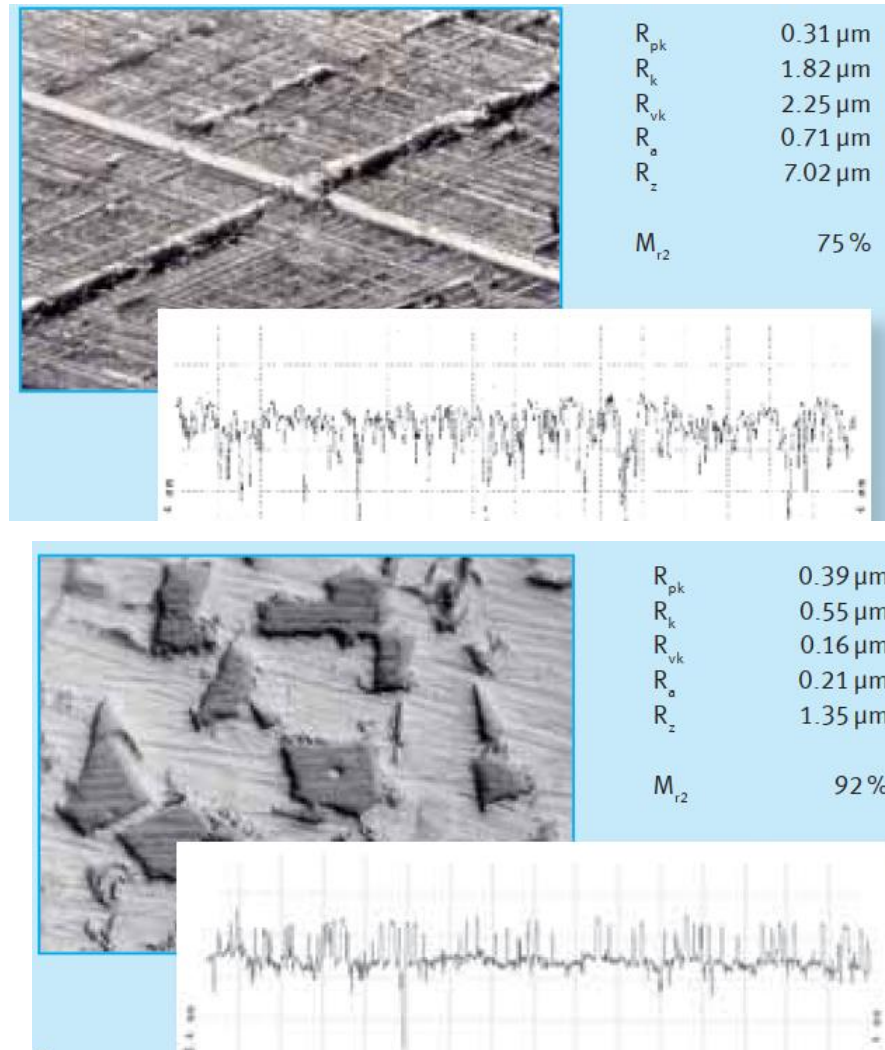


Рис. 2.15. Поверхня циліндра з сірого чавуну після фінішної обробки.

2.3.1 Параметри обробки для хонінгування

Процес хонінгування алюмінію виконується за більш високими обертовими швидкостями і зниженою швидкістю підйому в порівнянні з обробкою сірого чавуну. Це сприяє формуванню надзвичайно пологих кутів шліфування. Така техніка ефективно знижує рівень пошкодження силіцію до мінімуму. Також тиск, який діє на камені під час відполіровування, значно менший, ніж у процесі обробки сірого чавуну. Алюміній, який має бути видалений, є м'яким і легко піддається обробці алмазними каменями. Через нижчу твердість сплаву алюмінію та силіцію, великий тиск на стінку циліндра може спричинити її деформацію, що негативно позначиться на геометрії отвору. Тому пропоновані алмазні камені мають ширину, яка вдвічі менша порівняно зі стандартними каменями, наприклад керамічними. Завдяки цьому,

при однаковому тиску можливе зниження сили натискання вдвічі завдяки зменшенню ширини каменів (рис. 2.16). Це ефективно захищає або знижує ризик деформацій стінки циліндра від надмірного тиску.

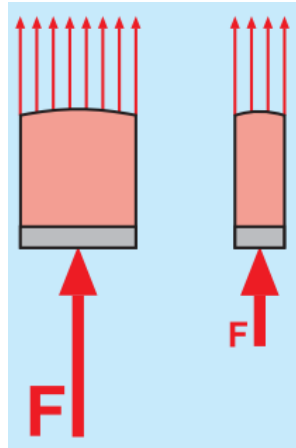


Рис. 2.16. Камень.

Хонінгування за допомогою алмазних каменів, з'єднаних синтетичною смолою, повинно тривати не менше 90 секунд для кожного циліндрового отвору. Коротші періоди обробки можуть вказувати на надлишковий тиск, який застосовується до каменів, що призведе до їх швидкого зносу.

2.3.2 Оцінювання результатів

Фінальна якість поверхні алюмінію з силіцієвими кристалами залежить від двох ключових аспектів: досягнута глибина виявлення кристалів силіцію та рівень їхнього пошкодження.

Достатня глибина виявлення забезпечує належне змащення поршневих кілець та поршня завдяки проникненню олії між кристалами. Варто зазначити, що товщину мастильної плівки на поверхні циліндра можна визначити за допомогою сучасного обладнання, яка зазвичай складає 1–2 мкм.

Пошкодження кристалів повинно бути мінімізовано, щоб забезпечити цілісність покриття ковзної поверхні. Найвищий прийнятний рівень пошкодження становить 30%. Якщо ж відсоток пошкодження досягає 30% або більше, це може свідчити про неналежну акуратність під час відполірування або свердління отворів циліндрів, або про використання невідповідних параметрів чи інструментів.

Точне вимірювання глибини виявлення можливе тільки з використанням приладу для вимірювання шорсткості з відповідним програмним забезпеченням. Зображення, отримані за допомогою факс-плівки або електронного мікроскопу, також можуть надати достовірну інформацію про якість виконання робіт та глибину виявлення. Визначення ступеня пошкодження силіцієвих кристалів за допомогою приладу для вимірювання шорсткості неможливе. Оцінити це можна лише за допомогою електронного мікроскопу при збільшенні в 100 до 150 разів. У серійному виробництві ступінь руйнування ковзних поверхонь не вимірюється для кожного виробу через високу вартість процесу. Для спрощення, поверхні порівнюють із зображеннями ковзних поверхонь, де відомі ступені їх руйнування.

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Підготовка 3D-моделі головки для хонінгування, яка використовується в програмному метод скінченних елементів

Числове моделювання процесу хонінгування за допомогою метод скінченних елементів допомагає аналізувати циліндрові втулки з тонкими стінками із сталюю чи змінною товщиною. Це сприяє покращенню і допомагає в проведенні експериментальних досліджень відполіровування, а також вдосконалює сам процес. Ключовим етапом перед проведенням чисельного аналізу є заміри реальної геометрії головки для хонінгування за допомогою машини ЧПУ для координатного вимірювання та фіксування температури оброблюваної деталі під час відполіровування за допомогою термальної камери. Рис. 3.1 та рис. 3.2 демонструють вимірювальний стенд - координатно-вимірювальну машину Zeiss Contura. Найбільші труднощі у процесі відполіровування виникають при деформації тонкостінних деталей зі змінною товщиною через змінне значення ефективності процесу хонінгування у поперечних перерізах різної товщини.

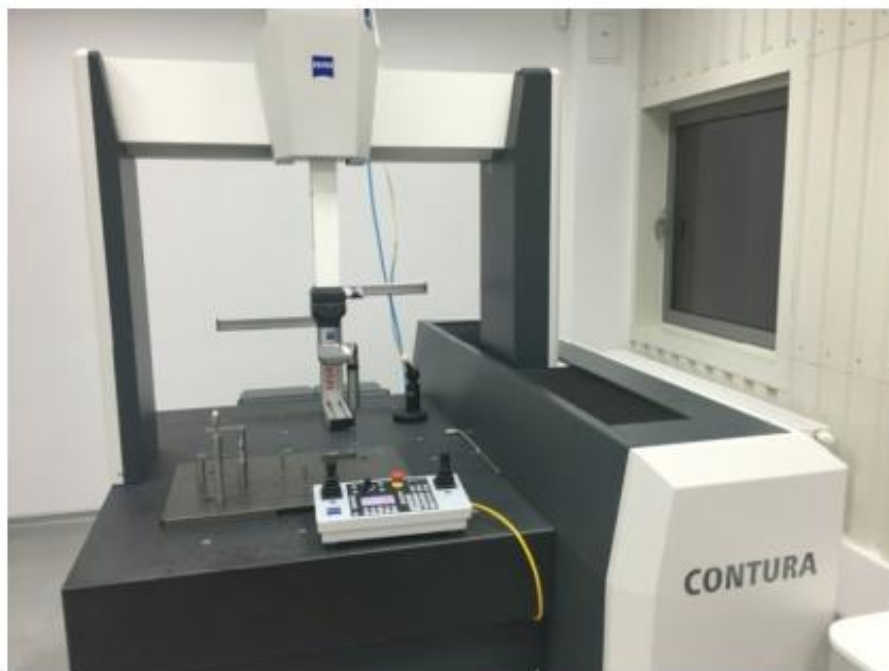


Рис. 3.1. Zeiss Contura з обертовою вимірювальною головкою RDS.

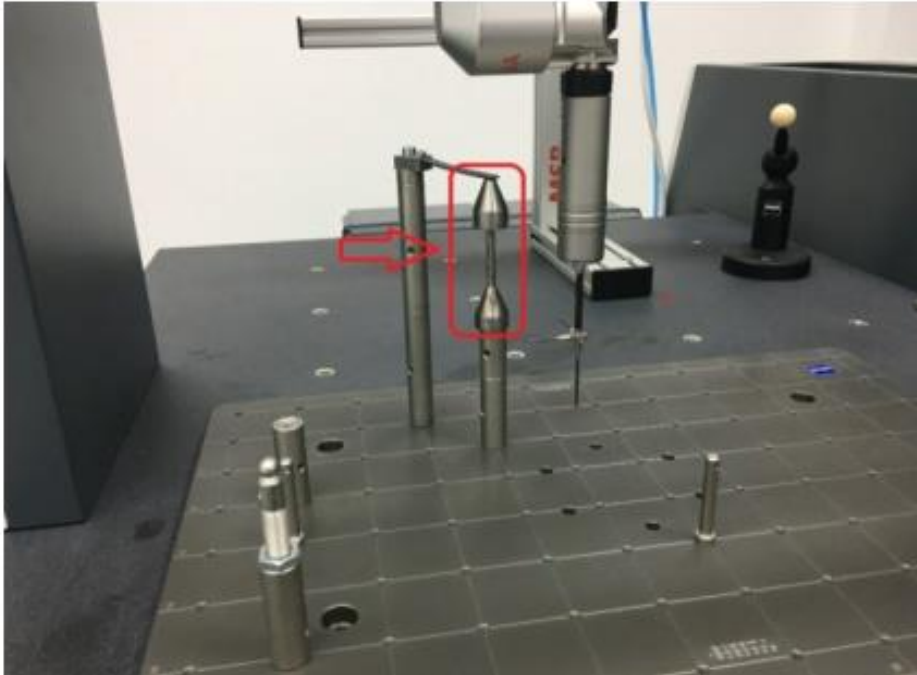


Рис. 3.2. Вимірювання осьового тиску вала головки для хонінгування на координатно-вимірвальній машині Zeiss Contura.

Усі частини головки для відполірування були заміряні, і отримані розміри кожної частини використовувалися для створення 3D-моделей головки, необхідних для чисельного моделювання процесу відполірування.

Рис. 3.3. показує 3D-модель головки для відполірування, створену у CAD-системі в масштабі 1:1 відповідно до замірів, здійснених на машині ЧПУ для координатного вимірювання.

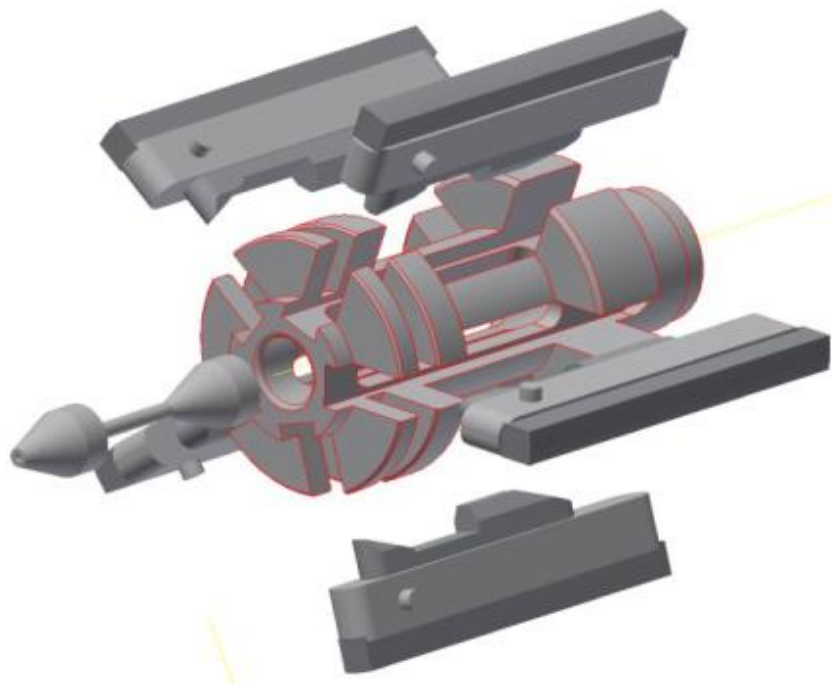


Рис. 3.3. 3D-модель головки для хонінгування

Рис. 3.4. показує 3D-модель головки для відполірування та обробленої деталі (втулки циліндра двигуна внутрішнього згоряння), яка використовується у чисельному моделюванні процесу відполірування за методом метод скінченних елементів.

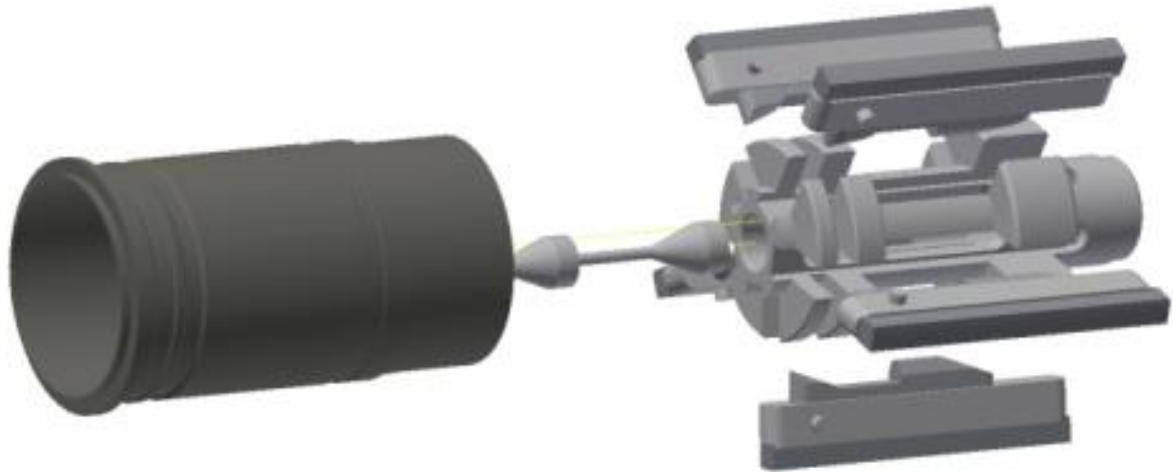


Рис. 3.4. 3D-модель головки для хонінгування та втулки циліндра.

3.2 Деформація тонкостінних деталей зі сталюю товщиною стінок

Рис. 3.5 показує 3D-модель головки для відполірування і циліндрової втулки з вимірювальною сіткою, яка була об'єктом числових моделювань за методом метод скінченних елементів.



Рис. 3.5. 3D-модель головки для хонінгування та циліндра з вимірювальною сіткою для числового моделювання методом метод скінченних елементів.

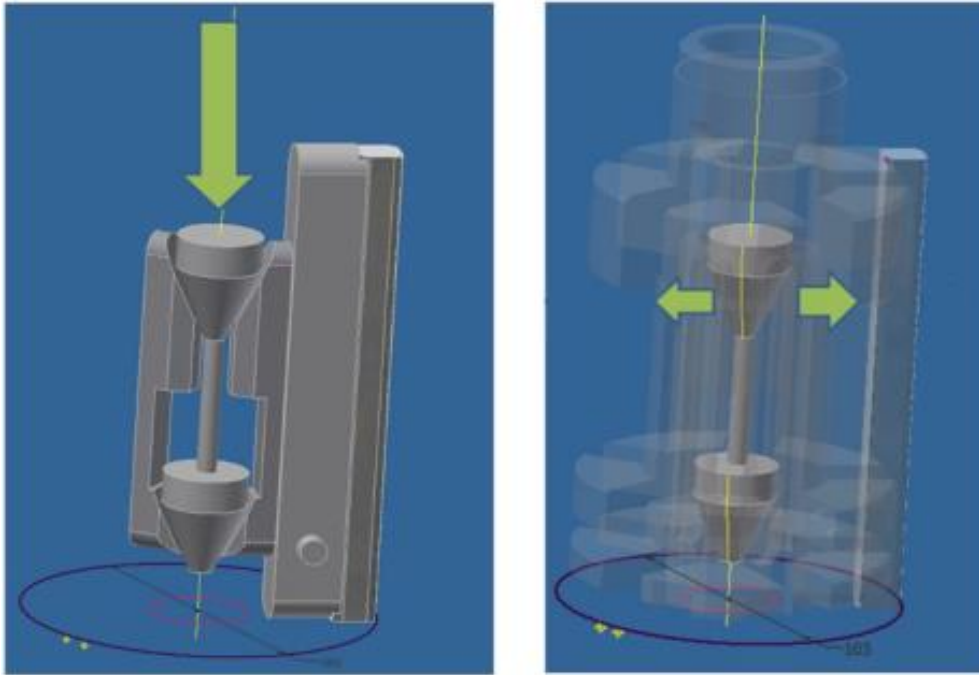


Рис. 3.6. Модель головки для полірування з відображеними осьовими та радіальними силами полірування

У процесі багаторічної обробки численних циліндрів двигунів внутрішнього згоряння виявлено, що одноетапне полірування отворів неможливе через термічні деформації. Також було зазначено, що полірування отворів деталей з товстими стінками проходить без проблем.

Рис. 3.7 демонструє приклад комп'ютерної симуляції циліндра зі сталюю товщиною стінки, де показано рівень деформації в залежності від тиску роботи полірувальних каменів на оброблену поверхню полірованого отвору. За тиском 0,5 МПа (осьовий напрямок, Рис. 3.6) було досягнуто деформацію 0,027 мм у напрямку X (радіальний вертикальний напрямок).

Ефекти симуляції процесу полірування деталей з циліндричними отворами (з однаковою товщиною стінок оброблених деталей) для трьох рівнів тиску полірування: 0,5, 1,0 та 1,5 МПа, як показано на рис. 3.8, показують, що вплив тиску полірувальних каменів на деформацію діаметру полірованого циліндра має лінійний характер.

Симуляція процесу полірування деталей з однорідною товщиною перетину виявила лінійний коефіцієнт кореляції r зі значенням $r = 0,97$, що свідчить про те, що оброблені частини з однаковою товщиною можна механічно обробляти за передбачуваним планом, тобто проводити полірування

з передбачуваним часом обробки T до досягнення бажаних розмірів діаметра отвору, який має бути полірованим.

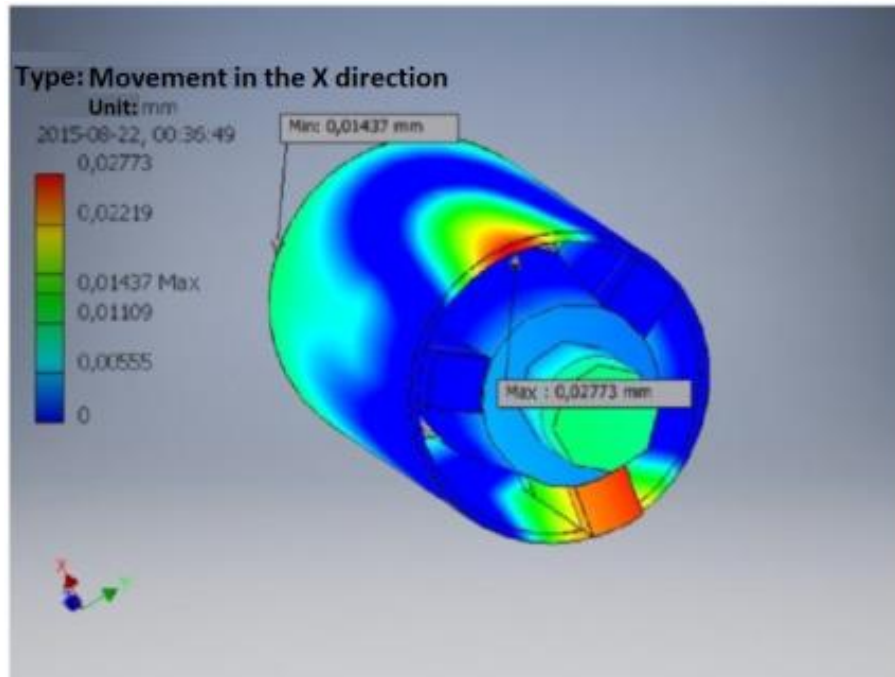


Рис. 3.7. Симуляція зсуву оброблених деталей у напрямку X (тиск 0,5 МПа); напрямок X вказує на радіальний вертикальний напрямок.

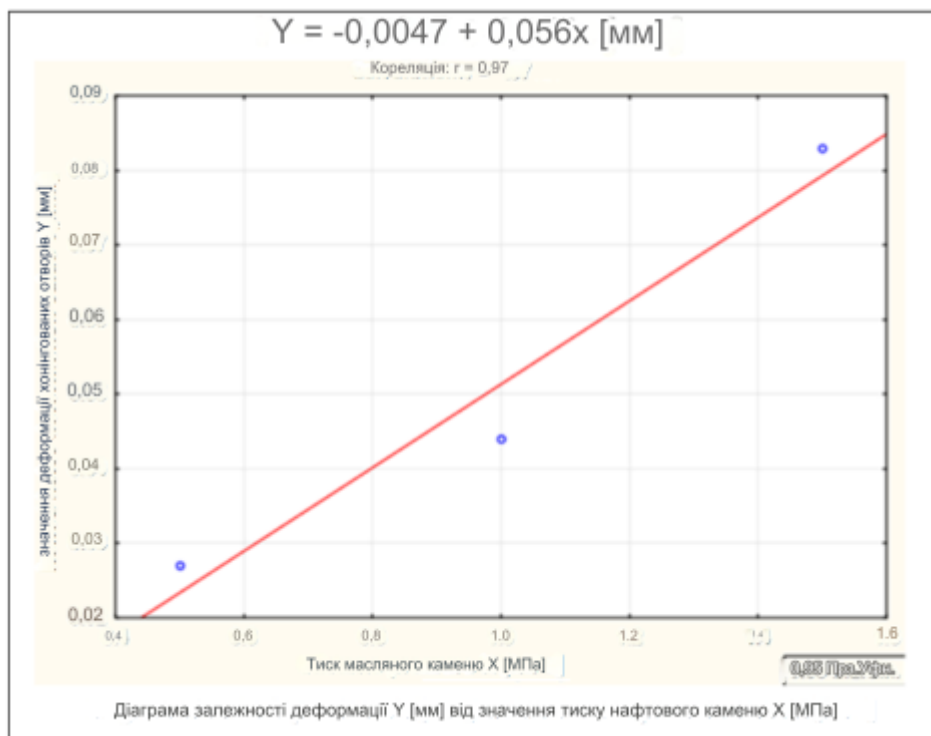


Рис. 3.8. Тиск полірувальних каменів на поверхню полірованого отвору та деформація отвору.

3.3 Симуляція термічних деформацій обробленої деталі у процесі хонінгування

На рис. 3.9 показана температура обробленої деталі під час реального полірування втулок циліндрів двигуна. рис. 3.9. та рис. 3.10 відображають знімки обробленої деталі, зроблені за допомогою тепловізійної камери. Рис. 3.9. схематично представляє потік тепла через циліндричний екран.

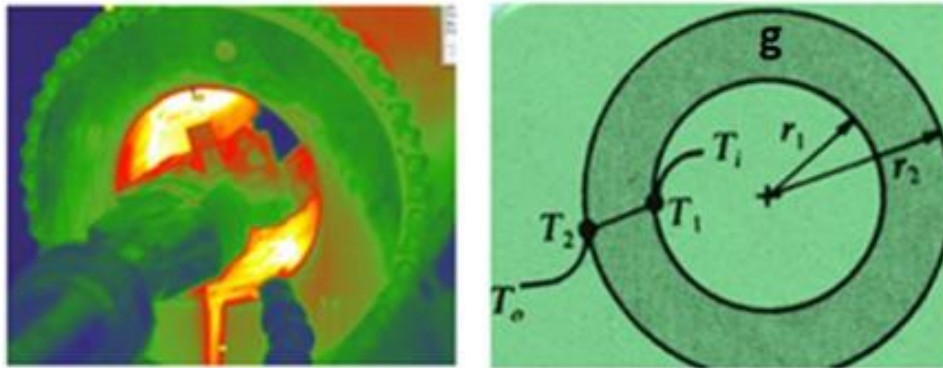


Рис. 18 Температура в процесі полірування: а) зображення на термограмі виробничої системи, б) схема теплового потоку ($T_1 > T_2$) через оброблену деталь із товщиною перетину g .

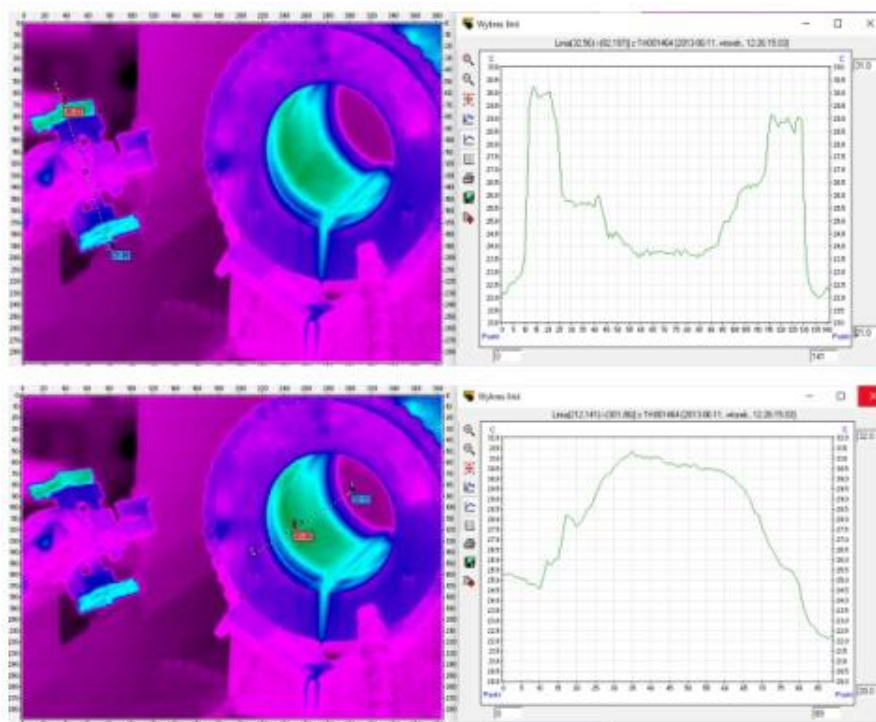


Рис. 3.10. Фотографія та термічне зображення полірувального каменя (верхня картинка) та полірованої циліндричної втулки (нижня картинка) після завершення процедури полірування.

Тепловий потік Q , що переміщається з внутрішньої частини циліндра назовні (з рис. 3.9), виражений формулою:

$$Q = \frac{-T_2}{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}$$

де k - коефіцієнт теплопередачі Вт/мК;

L - довжина відполірованого отвору деталі м;

T_1 - внутрішня температура °С;

T_2 - зовнішня температура °С;

T_0 - температура навколишнього середовища °С;

r_1 - внутрішній радіус відполірованого отвору м;

r_2 - зовнішній радіус відполірованої деталі м;

g - переріз хонінгової деталі з рис. 3.11;

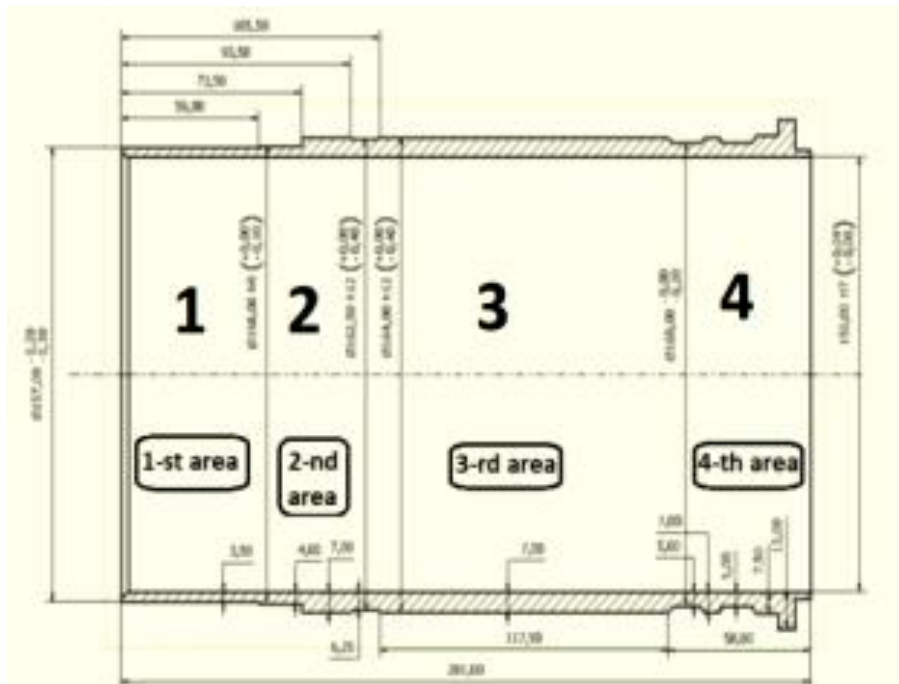


Рис. 3.11. Прохонінгована гільза циліндра.

Наступним кроком було завантаження даних (отриманих під час реального процесу хонінгування) до програм Solidworks Simulation 2016 та Autodesk Simulation 2014 для виконання числових симуляцій процесу хонінгування.

Рис. 3.10, рис. 3.12. та рис. 2.13 демонструють зображення, отримане під час комп'ютерних симуляцій, яке ілюструє напруження, що виникають під час процесу полірування, з різними показниками у різних перерізах.

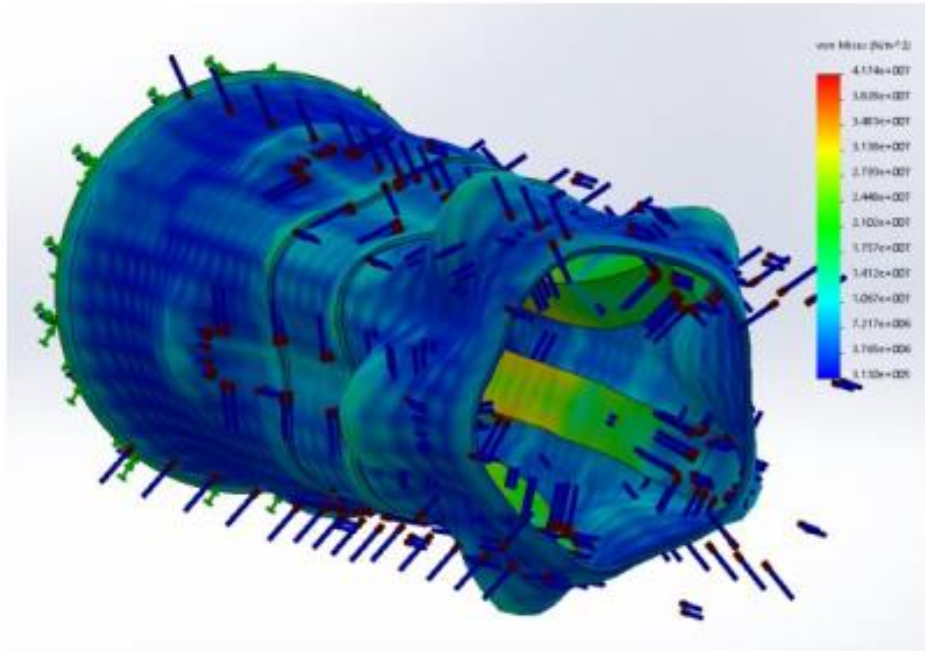


Рис. 3.12. Ізометричний вигляд деформованої полірованої циліндрової втулки з змінною товщиною стінок.

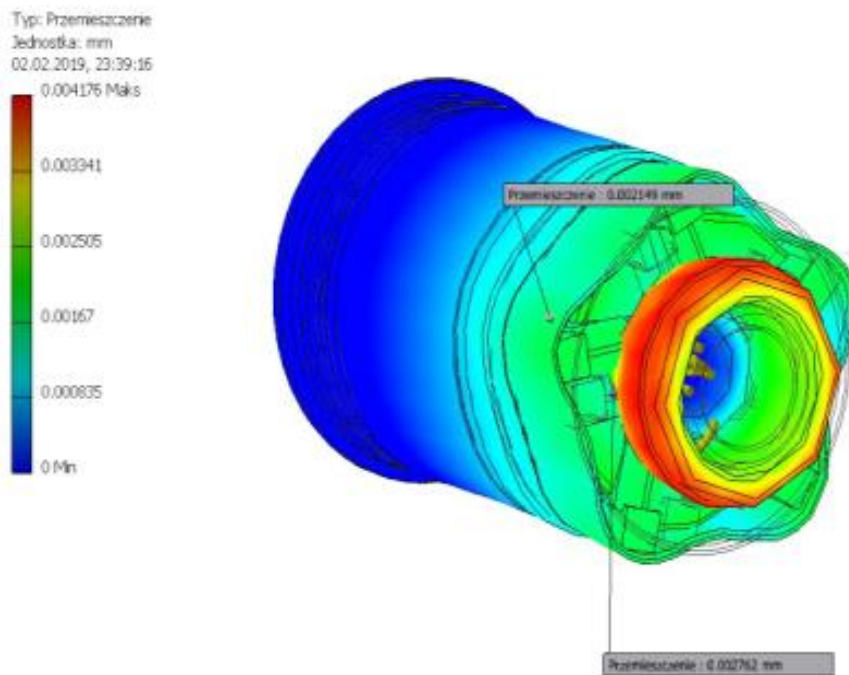


Рис. 3.13. Зображення з комп'ютерної симуляції: деформація полірованого циліндра з тонкими стінками і змінною товщиною стінок.

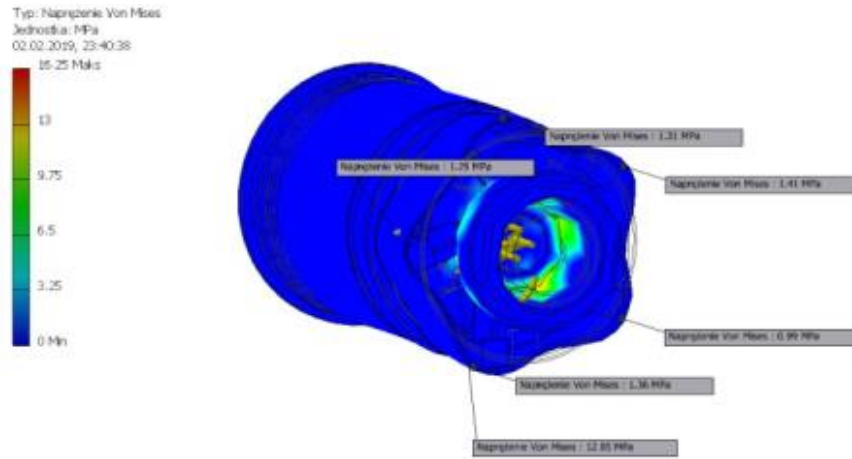


Рис. 3.14. Зображення комп'ютерної симуляції методом скінчених елементів: напруження у хонінгованій гільзі циліндрів з тонкими стінками і змінною товщиною стінок.

Рис. 3.15. показує циліндр двигуна внутрішнього згоряння з позначеними точками для збору вимірювань (де збиралися результати симуляції). Чисельні методом скінчених елементів симуляції виявили, що в кожній частині полірованої циліндрової втулки, яка піддавалась температурі $T = 40^{\circ}\text{C}$ на кожному полірувальному камені, температура на зовнішній поверхні варіюється в залежності від секцій.

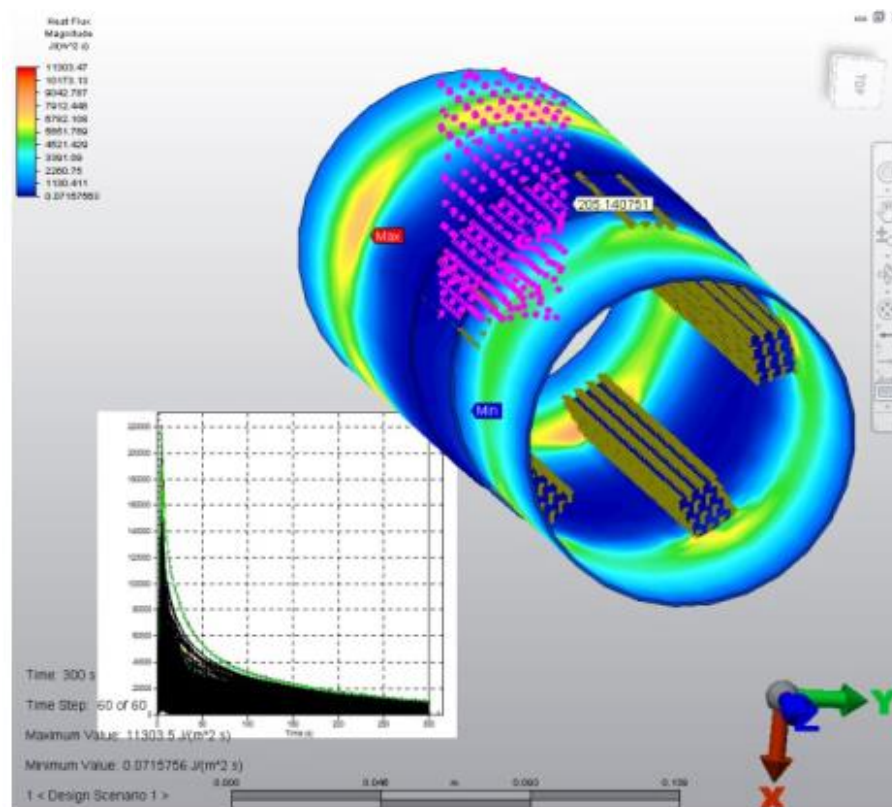


Рис. 3.15. Вид вікна з програми Autodesk Simulation 2014: а) навантаження б) вимірювання потоку тепла для перерізів з різною товщиною стінок.

За різниці температур у 22°C між полірувальним каменем і циліндром (рис. 3.14) виникає термічна деформація на 6 мікрон.

Тепловий потік від полірувального каменя при 40°C до деталі з навколишньою температурою $T_0 = 20^{\circ}\text{C}$ (вимірювання теплового потоку в численних точках) показано на рис. 3.15.

Рис. 3.15, рис. 3.16 та рис. 3.17 показують різне температурне поле на відполірованій втулці циліндра, отримане в результаті термічної методом скінчених елементів симуляції.

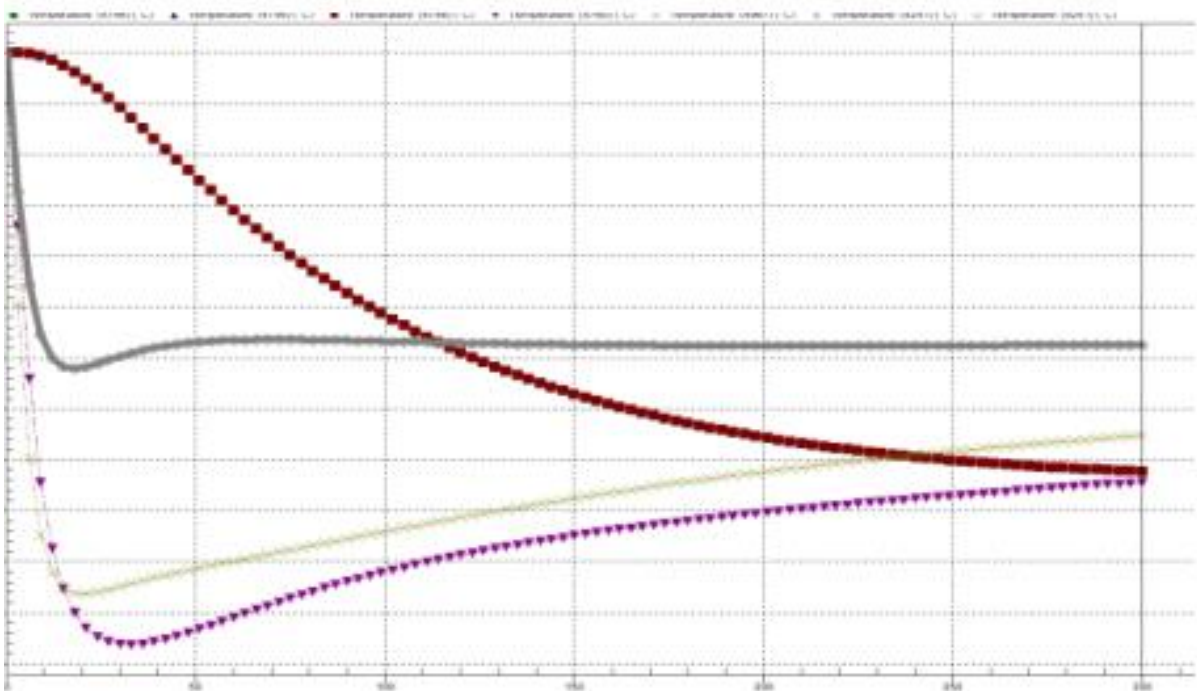
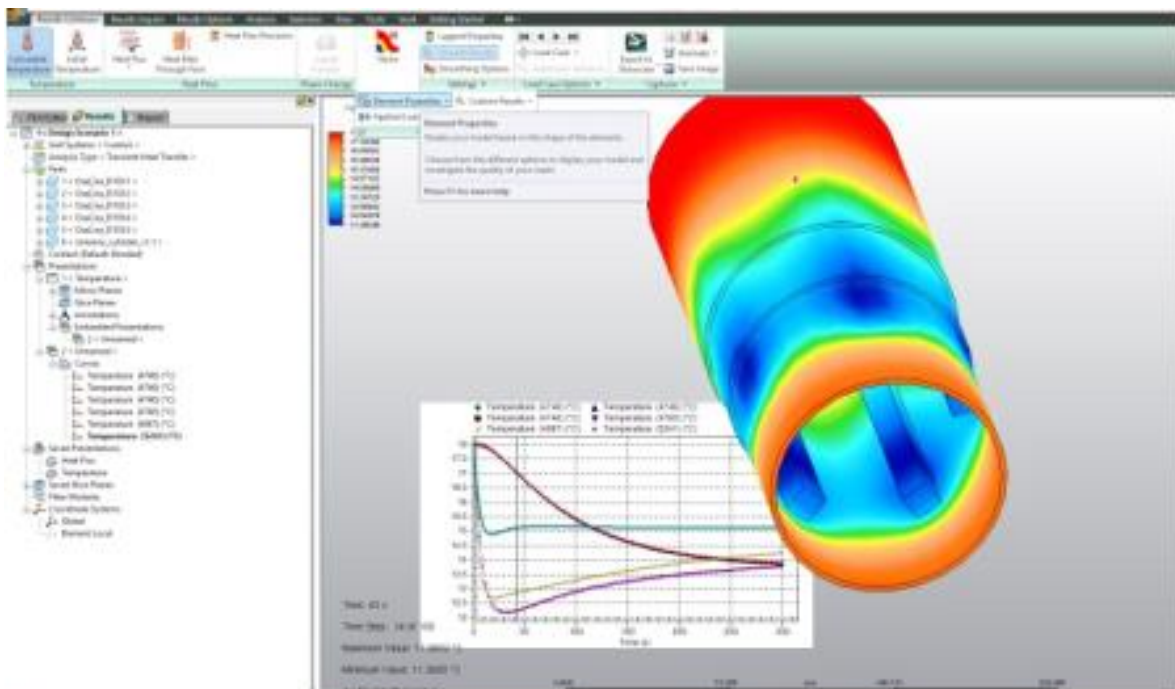


Рис. 3.16. Віконний перегляд вимірювання теплового потоку з програмного забезпечення Autodesk Simulation 2014.

Рис. 3.16 та рис. 3.17. демонструють зображення, записані під час комп'ютерних симуляцій у програмному забезпеченні, які показують потік температури, що має різну поведінку у різних поперечних перерізах оброблюваної деталі.

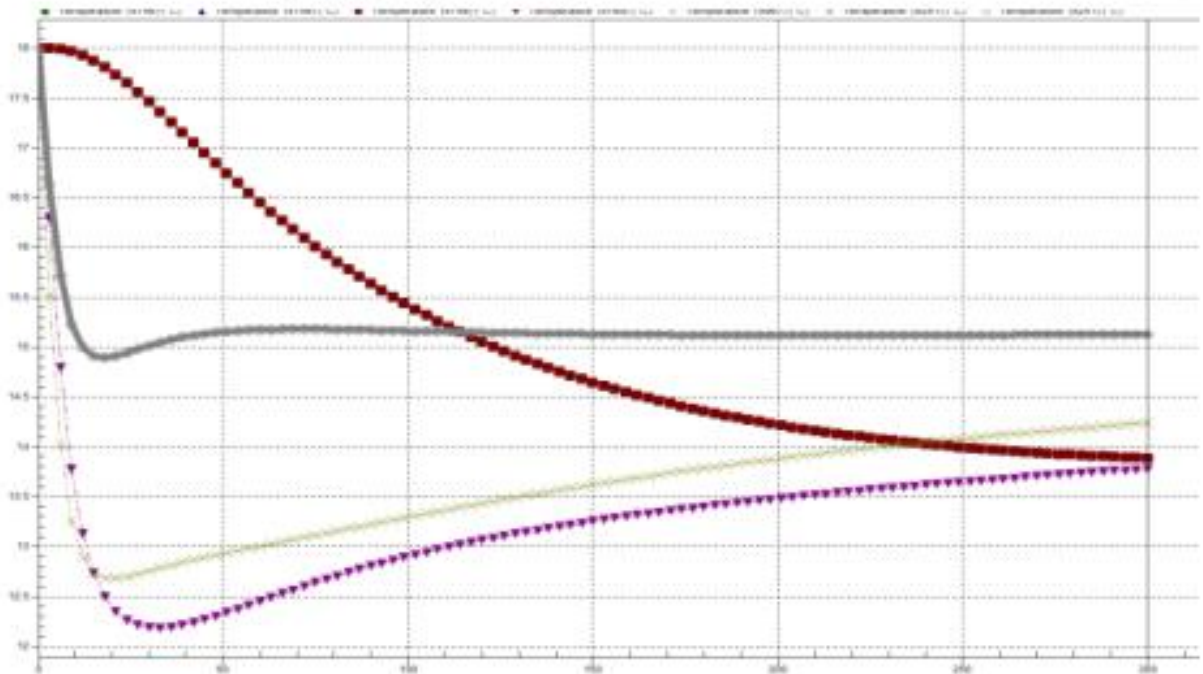
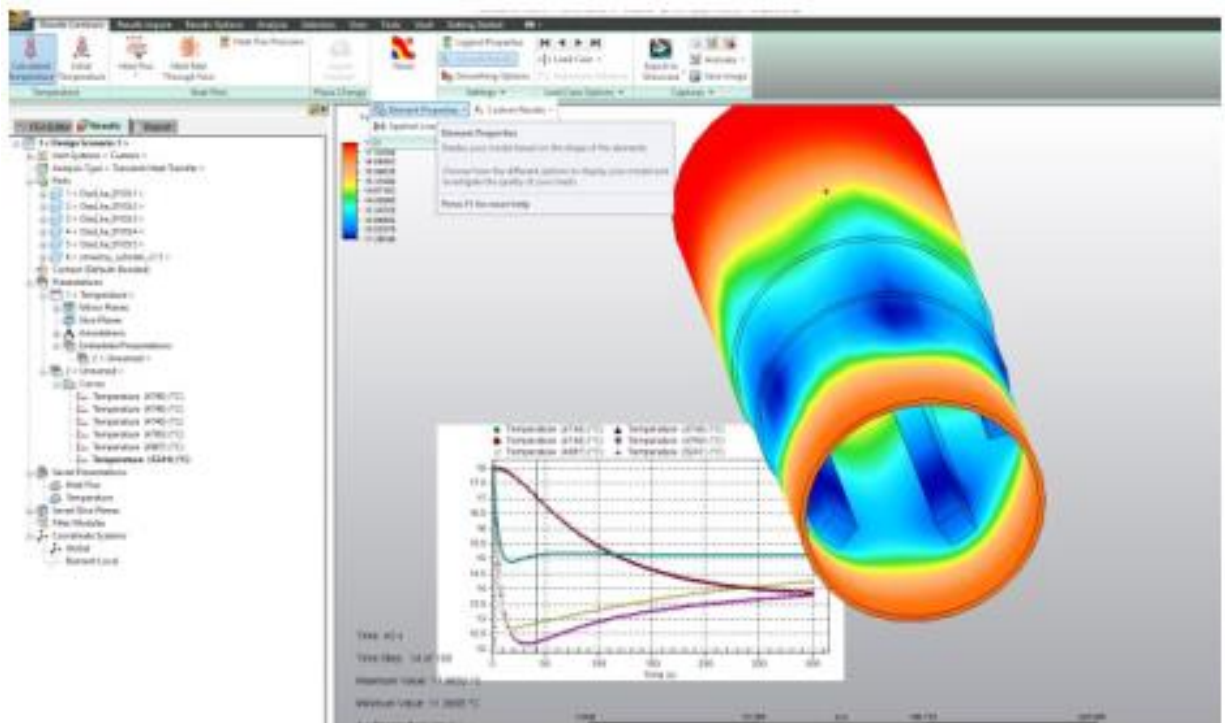


Рис. 3.17. Віконний перегляд потоку вимірювання температури з програмного забезпечення Autodesk Simulation 2014.

Ця різноманітна поведінка потоку температури у різних поперечних перерізах призводить до виникнення диференційних термічних напружень та деформацій діаметра відполірованих отворів.

Рис. 3.18. демонструє зображення, отримане під час комп'ютерних симуляцій, яке показує напруження з різними значеннями в різних поперечних перерізах відполірованої циліндричної втулки двигуна.

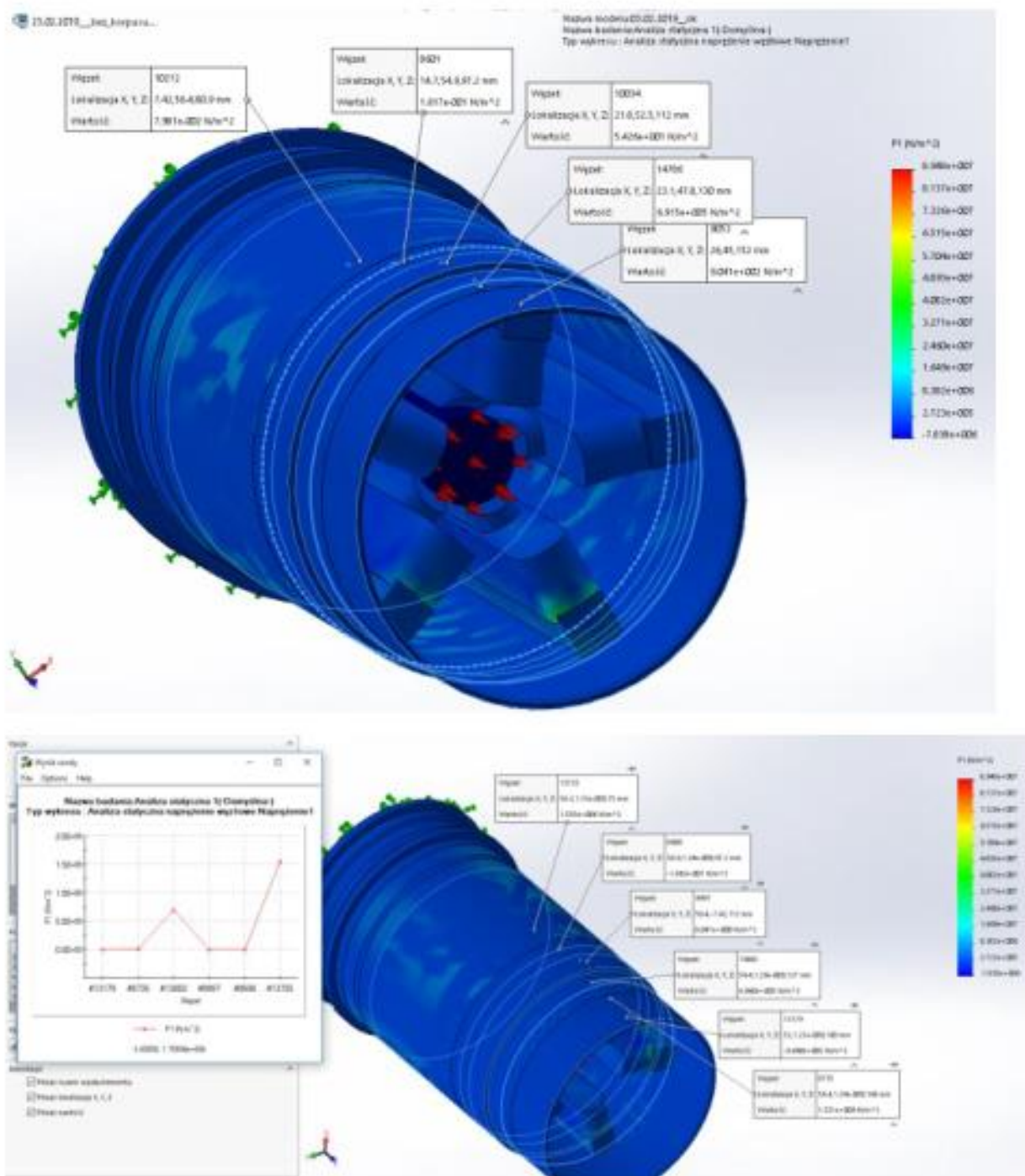


Рис. 3.18. Віконний перегляд з Solidworks Simulation 2016 - вимірювання напружень у різних поперечних перерізах тонкостінної втулки зі змінною товщиною стінок.

Рис. 3.19. ілюструє відхилення циліндричності, зафіксовані під час серійного процесу полірування тонкостінних циліндричних втулок у секції з

найбільшою товщиною, викликані тиском полірувального каменя на поверхню оброблюваного отвору.

Для тонкостінних деталей зі змінною товщиною стінок не виявлено лінійної кореляції між товщиною стінок у кожному перерізі відполірованої деталі та виміряною деформацією. Це свідчить про те, що через поведінку напружень, які виникають під час полірування (впливаючи на значення MRR), процес полірування створює технологічні проблеми.

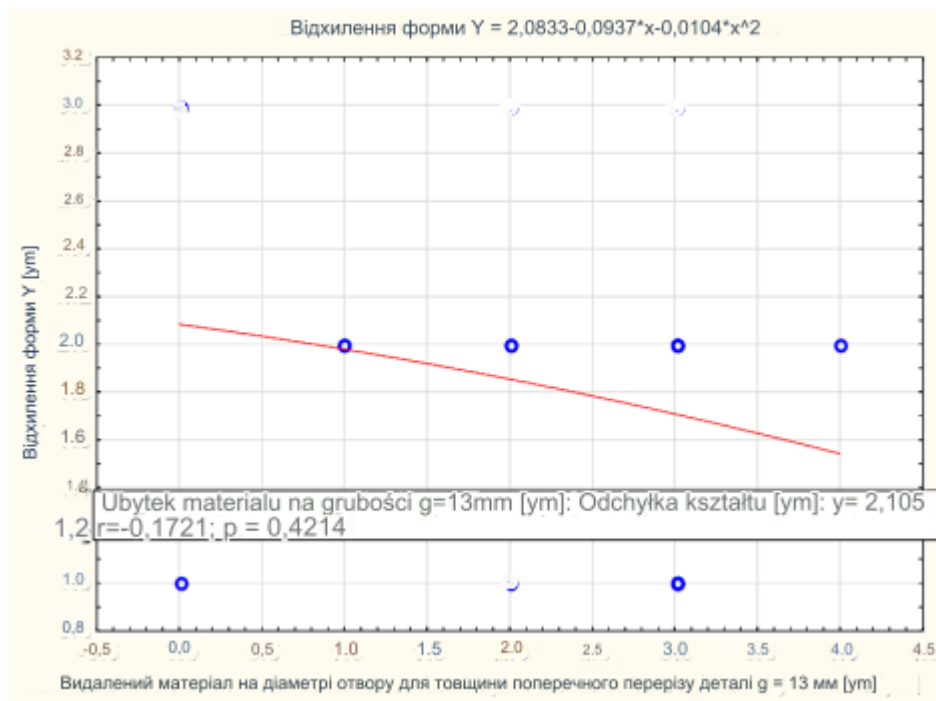


Рис. 3.19. Відсутність лінійної кореляції між впливом перерізу товщини стінки на відхилення циліндричності отвору, що полірується, та ефективністю обробки на кожній товщині стінки.

Рис. 3.20. ілюструє відхилення циліндричності, зафіксовані під час серійного полірування тонкостінних циліндричних втулок двигуна, спричинені підвищенням температури деталей під час механічної обробки. Для тонкостінних деталей зі змінною товщиною стінок не було виявлено лінійної кореляції між підвищенням температури в процесі обробки та виміряними відхиленнями циліндричності відполірованого отвору. Це свідчить про те, що через вплив температури обробка деталей зі змінною товщиною стінок викликає операційні труднощі через неможливість точно визначити

залишковий час обробки для видалення матеріалу з метою досягнення потрібного діаметра відполірованого отвору.

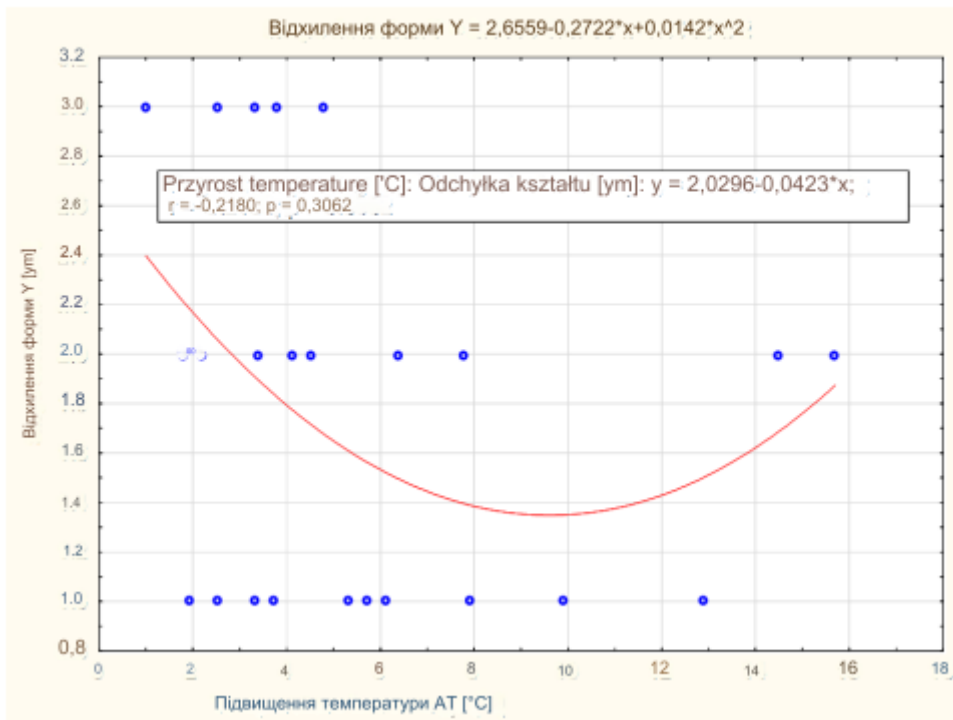


Рис. 3.20. Відсутність лінійної кореляції між підвищенням температури відполірованої циліндричної втулки та відхиленням циліндричності відполірованого отвору за різної товщини стінки.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Вимоги техніки безпеки до організації та утримання робочого місця

Правильна організація робочого місця має велике значення в загальному комплексі заходів по техніці безпеки та підвищенню продуктивності праці. Робоче місце - це визначена ділянка виробничої площі, закріпленої за окремим робітником або бригадою, забезпечена обладнанням, інструментом та допоміжними пристроями відповідно до характеру виконуваних робіт.

Робоче місце слюсаря-ремонтника машинно-тракторного парку в ремонтній майстерні може знаходитись в розбирально-складальному цеху або на складському конвеєрі при поточному ремонті тракторів і автомобілів, в агрегатно-ремонтному і слюсарно-механічному цехах.

Робоче місце слюсаря обладнується спеціальними стендами або столами для розбирання чи складання агрегатів, тумбочкою для інструменту, підйомно-транспортними засобами для піднімання та пересування важких і громіздких деталей і агрегатів тракторів та автомобілів (конвеєрами, кран-балками, монорельсами з тельферами, різноманітними візками тощо).

Постійні робочі місця для слюсарів-ремонтників обладнуються верстатами, стійко закріпленими на підлозі. Верстаки повинні бути зручними по висоті та розташуванню і мати ящики з окремими гніздами для зберігання кожного виду інструменту. На задній стінці верстата потрібно зробити полицку для складання дрібних деталей. Однорядні верстати з задньої сторони огорожують захисною сіткою, якщо ця сторона обернена в бік проходів або інших робочих місць; дворядні

- розділяють металевими запобіжними сітками висотою 750 - 800 мм. Доцільно забезпечити верстати поворотними сидіннями, ямі можна було б при необхідності прибирати під верстати.

Місцеве освітлення верстатів повинно мати безпечну напругу 36 В.

Світильники встановлюють на шарнірному кронштейні, що дає змогу забезпечити потрібний напрямок світлового потоку.

Встановлене на верстатах обладнання (лещата і т. п.) повинно бути надійно закріплене. Лещата розташовують ближче до правого краю (приблизно на 73 правого краю) так, щоб зручно було працювати і розмістити на верстаку решту слюсарних інструментів.

Для зручності роботи, зменшення стомлювання лещата повинні бути встановлені так, щоб верхня площина затискних губок була на рівні ліктя слюсаря.

Підгонку по росту здійснюють за рахунок різної висоти дерев'яної решітки, на якій стоїть робітник біля верстака.

Плиту для правки встановлюють на правій стороні верстака, а плиту для перевірки - на лівій.

Інструменти, пристрої, заготовки, готові вироби тощо треба розміщувати на верстаку в певному порядку, а саме: інструменти для лівої руки (зубило, крейцмейсель і т. п.) кладуть зліва від лещат, а інструменти для правої (молоток, напилек, шабери, гайкові ключі) - справа від лещат, вимірювальні інструменти (штангенциркуль, мікромір тощо) - посередині верстака, заготовки - зліва, а готові вироби - справа. Дрібні деталі та різні документи (креслення, технологічні карти, наряди та інше) треба розміщувати на полиці верстака. На цьому верстаку повинні бути лише ті інструменти, пристрої та заготовки, які необхідні для проведення поточної роботи.

Після закінчення робочого дня інструменти та пристрої обтирають і складають в ящики, змитають з верстата щіткою ошурки і обтирають його ганчіркою.

Безладність і неохайність в утриманні робочого місця, захаращення його зайвими матеріалами, заготовками, готовими виробами тощо знижує продуктивність праці та створює небезпеку травмування робітників.

Освітлення робочого місця. Робочі місця (верстаки, верстати) в майстернях слід розташовувати так, щоб світло попадало з лівого боку, бо інакше права рука під час роботи заступатиме його.

Недостатнє освітлення виробничих приміщень і робочих місць сприяє виникненню травматизму. Якщо роботи вимагають великого зорового напруження (на токарних, шліфувальних, точильних та інших верстатах),

виключне значення в боротьбі з травматизмом має місцеве освітлення з напругою 36 В.

Освітлення майстерень повинно відповідати вимогам ГОСТу 3825 - 47, бути рівномірним, достатнім для проведення роботи з необхідною точністю і таким, завдяки якому можна вчасно помітити небезпеку і запобігти їй. Зайве освітлення, як і недостатнє, небажане.

Для підтримання достатнього освітлення світильники треба періодично оглядати і замінювати в них несправні лампи, а також очищати їх від пилу та бруду (в приміщеннях з надмірною запиленістю повітря: кузнях, термічних і зварних майстернях чотири рази в місяць, а в інших приміщеннях - два рази в місяць).

Кронштейн місцевого освітлення треба влаштувати так, щоб він забезпечував фіксацію світильника в різних положеннях. Електричний провід до світильника розміщують всередині кронштейна. Відкрита проводка не допускається.

Конструкція вузлів кронштейна повинна виключати перекручення і перетирання проводів і попадання на них рідин (масло, емульсії та ін.).

З часом освітлення приміщення зменшується в зв'язку з забрудненням вікон, фонарів (брудні вікна та фонарі затримують до 50% світла), а також обладнання стін і стелі.

Очищати вікна в приміщеннях, де надмірна запиленість повітря, треба не менше чотирьох разів на рік, а в приміщеннях, в яких в повітрі знаходиться незначна кількість пилу, - два рази на рік.

Для очищення вікон і фонарів можна користуватись емульсією такої суміші: на 1 л води 10 г сульфанафтової кислоти, 4 г кальцинованої соди і 6 г милонафту або амонійного мила. Всі речовини слід розчинити в воді в тому порядку, в якому вони перелічені в рецепті, наступну речовину вводять тільки після повного розчинення попередньої.

Очищають засклені вікна так: на скло наносять емульсію і через 20 - 30 хвилин старанно протирають м'якими ганчірками. Стіни і стелю приміщення також слід тримати в чистоті. Обладнання треба фарбувати в зеленувато-

жовтий колір. Правильне освітлення робочого місця створює безпечні умови праці та сприяє підвищенню її продуктивності на 10 - 30 процентів.

4.2 Заходи безпеки на розбирально - складальних і слюсарних роботах

Для зручної і безпечної роботи робочі місця для розбирання і складання машин та агрегатів повинні бути обладнані стендами, верстатами, столами, стелажми, підйомно-транспортними засобами та іншими пристроями і мати достатню площу для розміщення устаткування і проходів.

Знімати і встановлювати важкі вузли необхідно справними підйомними пристроями. При підніманні деталей за допомогою талів або кранів суворо забороняється стояти під вантажем чи притулятися до нього. При зніманні важких деталей вручну треба стежити, щоб при укладанні їх на долівку або верстат робітники не прищипнули пальці. Краще класти деталі на підкладки.

Стенди і підставки, які використовуються на ремонті і монтажі рам, двигунів тощо, повинні бути міцними і стійкими. Важкі, громіздкі частини трактора ставити у нестійке положення забороняється.

Щоб запобігти відлітанню осколків під час рубання металу, слюсарний верстат слід обладнати захисною сіткою заввишки 80 см над його верхнім покриттям. Не можна очищати верстат від металевої стружки і обрубків руками навіть у рукавицях. Для цього треба користуватися спеціальними щітками або мітелками.

Зубила, крейцмейселі й інші ударні інструменти повинні мати рівні, дещо випуклі затилки без тріщин, перекосів і задирок. Щоб уникнути ударів по руці, довжина зубила має бути не менше 150 мм, а відтягнута частина його – 60 - 70 мм.

Молотки і кувалди слід добре закріплювати на ручках, зроблених з міцного в'язкого дерева з гладенькою і закругленою поверхнею. Напильники і шабери необхідно вставляти в гладенькі відполіровані ручки з металевими кільцями.

При користуванні гайковими ключами слід застосовувати їх відповідно до розмірів гайок і головок болтів. При роботі ключем не можна нарощувати його іншим ключем або трубою.

Верстатні лещата необхідно надійно прикріплювати до верстата. Лещата повинні міцно затискати деталь, на їх губках має бути насічка.

При розбиранні гусениць не дозволяється вибивати пальці інструментом з твердого металу. Для цього слід користуватися спеціальною виколоткою з м'якого металу. Складаючи вузли, у яких є пружини, необхідно застосовувати пристрої, що забезпечують неможливість раптового зняття навантаження. Стиснуті пружини треба вставляти за допомогою спеціальних пристроїв.

Збіг отворів з'єднаних деталей перевіряється тільки металевим стержнем.

Перевірка пальцем забороняється.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Загально-технічний розділ вводить в тему, оглядаючи різні технології та методи ремонту, а також проблематику пошкоджень циліндрів. Тут також ставиться завдання для виконання кваліфікаційної роботи.

Технологічний розділ зосереджується на конкретних методах і процесах встановлення та обробки гільз циліндрів, включаючи хонінгування, яке є критичним для забезпечення точності і якості обробки.

Конструкторський розділ охоплює розробку 3D-моделей та симуляцію впливів, таких як деформації та термічні зміни, що дозволяє зрозуміти вплив технологічних параметрів на якість кінцевого продукту.

Розділ безпеки вказує на важливість забезпечення безпеки праці та техніки безпеки під час виконання робіт, що є обов'язковим для забезпечення здоров'я і безпеки працівників.

Ця робота видається добре структурованою та комплексно покриває всі аспекти процесу хонінгування циліндрів, від технічного введення до конкретних технологічних рішень і мір безпеки. Це говорить про те, що автор роботи глибоко занурився в предмет дослідження і врахував як практичні, так і теоретичні аспекти вирішення поставленої проблеми.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. О.Л. Ляшук, Ю.І. Пиндус, М.Г. Левкович, Гупка А.Б., Хорошун Р.В. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра за освітнім рівнем «бакалавр галузі знань 27 «Транспорт» спеціальність 274 «Автомобільний транспорт» – Тернопіль: Видавництво ТНТУ, 2022. – 61 с.
2. Конспект лекцій з курсу «Технології обслуговування автотранспортних засобів». / Р.В. Хорошун, О.Л. Ляшук, Н.Т. Навроцька. – Тернопіль: Вид-во ТНТУ, 2021. – 194 с.
3. Ляшук О.Л. Конспект лекцій з дисципліни «Технічна експлуатація автомобілів» для студентів спеціальності 274 «Автомобільний транспорт» / О.Л. Ляшук, В.М.Клендій, Р.В.Хорошун. – Тернопіль: Вид. ТНТУ – 2018. – С. 302.
4. Конспект лекцій (частина I) з дисципліни «Транспортні засоби» для студентів усіх форм навчання першого рівня освіти за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт», 275 «Транспортні технології» галузі знань 27 «Транспорт» / О.Л. Ляшук, Т.Д.Навроцька., Р.Р. Заверуха., Л.М. Слободян., Р.В. Хорошун. – Тернопіль, ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. – 132 с.
5. Конспект лекцій (частина II) з дисципліни «Транспортні засоби» для студентів усіх форм навчання першого рівня освіти за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт», галузі знань 27 «Транспорт» / О.Л. Ляшук, Т.Д. Навроцька., Л.М. Слободян., Р.В. Хорошун. – Тернопіль, ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. – 184 с.
6. Левкович М.Г., Гупка А.Б., Сіправська М.Д Конспект лекцій з дисципліни «Відновлення деталей» для здобувачів освітнього рівня бакалавр за спеціальністю 274 «автомобільний транспорт».-Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. – Тернопіль.: ТНТУ, 2021. – 136 с.
7. Техніко-економічне обґрунтування інженерних рішень на СТО та АТП : Навчальний посібник / Укладачі : Гевко І.Б., Ляшук О.Л., Луциків І.В., Плекан У.М., Клендій В.М. - Тернопіль : Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. 276 с.
8. Кузьмінський Р.Д., Шарibuра А.О Технічний сервіс. Ремонт електрообладнання тракторів і автомобілів Львів 2017 – 376 с

9. Сукач М.К. Технічний сервіс машин. Навч. пос.. Гриф МОНМСУ - Ліра-К, 2017 – 288 с.
10. Форнальчик Є. Ю., Качмар Р. Я. Основи технічного сервісу транспортних засобів - Львівська політехніка 2017, - 324 с.
11. Шапко В.Ф., Шапко С.В. Основи теорії та динаміки автомобільних двигунів : підручник. – Харків : Точка, 2016. – 232 с.
12. Шапко В.Ф. Автомобільні двигуни. Основи теорії та характеристики поршневих двигунів внутрішнього згорання: Навчальний посібник. - Кременчук: КНУ, 2011. - 194 с.
13. Коробочка О.М. Основи розрахунків, проектування і експлуатації технологічного обладнання для автомобільного транспорту: Навч. посібник / Коробочка О.М., Скорняков Е.С., Сасов О.О. – Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2007 – 252 с.
14. Кукурудзяк, Ю. Ю. Технічна експлуатація автомобілів. Організація технологічних процесів ТО і ПР навчальний посібник / Ю. Ю. Кукурудзяк, В. В. Біліченко. – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 198 с.
15. Автомобілі. Теорія : навч. посіб. / В.П. Сахно, В.І. Сирота, В.М. Поляков, В. Г. Головань, О.В. Лисий; Військ. акад. - Одеса: Військ. акад., 2017. - 412 с.
16. Пилипець М. І. Правила заповнення основних форм технологічних документів : навч.-метод. посіб. / Уклад. Пилипець М. І., Ткаченко І. Г., Левкович М. Г., Васильків В. В., Радик Д. Л. Тернопіль : ТДТУ, 2009. 108 с.
17. Безпека життєдіяльності та основи охорони праці. Курс лекцій: Навчальний посібник для студентів вищих педагогічних навчальних закладів всіх спеціальностей за освітньо-кваліфікаційним рівнем "бакалавр" / А.І. Ткачук, О.В. Пуляк. – Перевидання, доповнене та перероблене. – Кропивницький: ПП "Центр оперативної поліграфії "Авангард". – 2017. – 184с.