



ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

ФАКУЛЬТЕТ БУДІВНИЦТВА, ТРАНСПОРТУ ТА
ЕНЕРГЕТИКИ



КАФЕДРА «ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ МАШИН»

КВАЛІФІКАЦІЙНА МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

на тему:

«Корекція просторової орієнтації колінчастого вала шляхом
створення зон локальних напружень в КАТП
«Агробудавтосервіс»»

Виконав:

магістрант групи АТ-23М-2 Владислав ПАСТУХ
(шифр групи) (підпис) (ім'я та прізвище)

Керівник:

канд. техн. наук, доцент Сергій МАРКОВИЧ
(науковий ступінь, вчене звання) (підпис) (ім'я та прізвище)

«ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ»

Завідувач кафедри:

канд. техн. наук, доцент Сергій МАГОПЕЦЬ
(науковий ступінь, вчене звання) (підпис) (ім'я та прізвище)

«__» _____ 2024 р.

Рецензент:

(науковий ступінь, вчене звання) (підпис) (ім'я та прізвище)
«__» _____ 2024 р.

Кропивницький – 2024 р.

ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ БУДІВНИЦТВА, ТРАНСПОРТУ ТА ЕНЕРГЕТИКИ
КАФЕДРА «ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ МАШИН»

Рівень вищої освіти: другий (магістерський) рівень вищої освіти

Галузь знань: 27 «Транспорт»

Спеціальність: 274 «Автомобільний транспорт»

Освітньо-професійна програма: «Автомобільний транспорт»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Завідувач кафедри «Експлуатація та
ремонт машин»

_____ Сергій МАГОПЕЦЬ

«__» _____ 2024 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ**

Пастуха Владислава Олександровича

(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

1. Тема роботи «Корекція просторової орієнтації колінчастого вала шляхом створення зон локальних напружень в КАТП «Агробудавтосервіс»»

керівник роботи: Маркович Сергій Іванович, канд. техн. наук, доцент

(прізвище, ім'я, по батькові)

(науковий ступінь)

(вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від «__» ____ 2024 року

№ _____

2. Строк подання здобувачем роботи «__» _____ 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи: дані переддипломної практики; технологічні карти дефектування та ремонту колінчастих валів в КАТП «Агробудавтосервіс»;

Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів. – К.: Знання-Прес, 2003. – 511 с.; Ремонт автомобілів: Навчальний посібник/ Упор. В.Я. Чабанний. - Кіровоград: Центрально-Українське видавництво, 2007. - 348 с.

Експлуатація та ремонт двигунів внутрішнього згорання. Навчальний посібник для здобувачів вищої освіти вищих навчальних закладів. / Укл.

Маркович С.І., Бевз О.В. - Кропивницький: ЦНТУ, 2022. - 315 с.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Вступ, реферат

4.1 Розділ 1. Обґрунтування напрямку наукових досліджень

4.2 Розділ 2. Аналіз об'єкта досліджень

4.3 Розділ 3. Дослідження впливу зміни параметрів об'єкта

4.4 Розділ 4. Обґрунтування ефективності прийняття рішень

5. Перелік ілюстративного матеріалу:

1. Назва роботи, ціль роботи, предмет та об'єкт досліджень, задачі, наукова новизна, практичне значення дослідження та публікації.

2. Ілюстративні матеріали що до обґрунтування напрямку наукових досліджень.

3. Ілюстративні матеріали що до аналізу об'єкта досліджень.

4. Ілюстративні матеріали що до дослідження впливу зміни параметрів об'єкта

5. Ілюстративні матеріали що до обґрунтування ефективності прийняття рішень

6. Висновки

ГРАФІК ВИКОНАННЯ ЕТАПІВ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної магістерської роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	<u>Вступ, реферат</u>	30.10.2024 р.	
2	<u>Розділ 1. Обґрунтування напрямку наукових досліджень</u>	02.11.2024 р.	
3	<u>Розділ 2. Аналіз об'єкта досліджень</u>	05.11.2024 р.	
4	<u>Розділ 3. Дослідження впливу зміни параметрів об'єкта</u>	13.11.2024 р.	
5	<u>Розділ 4. Обґрунтування ефективності прийняття рішень</u>	28.11.2024 р.	
6	Формування ілюстративних матеріалів	01.12.2024 р.	

Магістрант _____
(підпис)

ПАСТУХ В.О.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Сергій МАРКОВИЧ
(ім'я та прізвище)

РЕФЕРАТ

Метою даної магістерської роботи є дослідження методології та способу усунення дефекту вигинання колінчастого вала з розробкою ефективної технології процесу корекції просторового положення карбуванням.

Об'єкт дослідження: процес впливу штучно створених зон локальних напружень на просторову орієнтацію колінчастого вала.

Предмет дослідження: – залежності та закономірності впливу карбування визначених поверхонь колінчастого вала з певною амплітудою та частотою на процес виправлення.

В першому розділі проаналізовано основні причини та методи втрати оптимальної геометрії колінчастого вала при виготовленні, експлуатації, шліфуванні до ремонтного розміру, відновленні різноманітними методами до номінального розміру та існуючі технологічні методи усунення дефекту, обґрунтовано напрямки та визначено задачі наукових досліджень.

В другому розділі вибрана устаткування для контролю осьових параметрів деталі та розроблена експериментальна установки для механізації процесу виправлення просторової геометрії колінчастого вала, пневмо пристрій та індензор для карбування.

В третьому розділі дослідження визначено методологію контролю кутових параметрів просторової геометрії колінчастого вала. Розроблено теоретичну математичну модель процесу зміни просторової орієнтації колінчастого вала. Проведено моделювання процесу виправлення як впровадження сферичного індензора в пружно-пластичне тіло та математичної моделі залежності прогину колінчастого вала від кількості ударів при правці

В четвертому розділі приведено результати та відображено ефективність проведених досліджень з розробкою методологічних рекомендацій для вибору секторальних зон виправлення при різних видах прогину

Кваліфікаційна магістерська робота складається з вступу, 4 розділів, висновків; містить 62 сторінки тексту, 21 рисунок, 3 таблиці.

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	3
ЗМІСТ	4
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	6
ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1	9
ОБҐРУНТУВАННЯ НАПРЯМКУ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	
1. 1. Аналіз причин порушення просторової макрогеометрії колінчастого вала	9
1.1.1. Порушення просторової макрогеометрії колінчастого вала при виготовленні	9
1.1.2. Порушення просторової макрогеометрії колінчастого вала при експлуатації двигуна	12
1.1.3. Порушення просторової макрогеометрії колінчастого вала при перешліфовуванні на ремонтний розмір	13
1.1.4. Порушення просторової макрогеометрії колінчастого вала при різноманітних методах відновлення	
1.2. Аналіз існуючих технологічних методів зміни просторової орієнтації колінчастого вала	19
1.2.1. Виправлення вала холодною пресовою правкою	19
1.2.2. Поелементне холодне виправлення КВ на пресах	23
1.2.3. Виправлення вала шляхом розосередженого карбування поверхонь щік	24
1.3. Висновки та задачі дослідження	26
РОЗДІЛ 2	
АНАЛІЗ ОБ'ЄКТА ДОСЛІДЖЕНЬ	28
2.1. Вибір інструментів та пристосувань для контролю просторової	28

макрогеометрії колінчастого вала	
2.2. Розробка пристрою для механізації процесу секторального карбування	29
2.2.1. Принцип роботи та технічні параметри пристрою	29
2.2.2. Розробка конструкції пневмопристрою для нанесення точкового секторального карбування	31
2.2.2. Розробка конструкції індентора для карбування	36
РОЗДІЛ 3	
ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЗМІНИ ПАРАМЕТРІВ ОБ'ЄКТА	38
3.1. Розробка методології контролю кутових параметрів просторової геометрії КВ	38
3.2. Розробка теоретичних математичних моделей процесу зміни просторової орієнтації колінчастого вала	45
3.2.1. Моделювання процесу виправлення як впровадження сферичного індентора в пружно-пластичне тіло	45
3.1.2. Розробка математичної моделі залежності прогину колінчастого вала від кількості ударів при правці	47
3.3. Висновки з проведеного теоретичного дослідження	52
РОЗДІЛ 4	
ОБҐРУНТУВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ	57
4.1. Розробка методологічних рекомендацій для вибору секторальних зон виправлення при різних видах прогину	57
ВИСНОВКИ	59
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	61

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

КВ – колінчастий вал
СН – секторальне карбування
КШ – корінні шийки колінчастого вала
ШШ – шатунні шийки колінчастого вала
ХПП – холодна правка пресом
АТЗ - автотранспортні засоби
АТТ - автотракторна техніка
ВМТ - верхня мертва точка
ДВЗ - двигун внутрішнього згоряння
ДП - дизельне паливо
ККД - коефіцієнт корисної дії
ОГ - відпрацьовані гази
ОС - навколишнє середовище
ПА - паливна апаратура
ТО - технічне обслуговування
ТО-2 - технічне обслуговування №2
ПР - поточний ремонт
ЦПГ – циліндро-поршнева група

ВСТУП

Основною тенденцією сучасного машинобудування є швидке і неухильне зростання потужностей і швидкостей машин, що випускаються, при одночасному зниженні їх ваги. Тому невідпинно підвищуються вимоги до якості деталей машин, особливо, до їхньої надійності та довговічності.

Колінчасті вали є досить поширеними і відповідальними деталями, котрі визначають надійність та довговічність двигуна загалом. Вітчизняне та закордонне машинобудування накопичило великий досвід у їх проектуванні, виготовленні, експлуатації та ремонті. Руйнування валів у працюючій машині майже неминуче спричиняє аварійну ситуацію. Тому до валів висувають високі вимоги, особливо, до опору втоми валів і правильності їхньої геометричної форми.

Типовим дефектом КВ є вигинання в процесі експлуатації. Порушення просторової геометрії КВ відбувається при виготовленні, в процесі експлуатації двигунів внутрішнього згорання, при різноманітних ремонтних діях, як при відновленні до ремонтного розміру, так і в процесі відновлення до номінального розміру з використанням різноманітних технологічних процесів. Порушення просторової орієнтації КВ спостерігається у 8-35% ремонтного фонду. Величина прогину складає від 0,2 до 1,5 мм і більше. При наплавленні шийок зношених КВ відбувається їх жолоблення, величина якого становить від кількох десятків часток мм до 1 мм і більше. Для усунення цих наслідків необхідне запровадження операцій виправлення валів.

При виготовленні прямих і КВ (особливо нежорстких зі ставленням $L/D > 8-10$) в технологічний процес включають від однієї до кількох операцій виправлення. Це необхідно для реалізації наслідків механічного та особливо термічного впливу на деталь, що має складну геометричну форму і різні вимоги до трибо механічних характеристик окремих поверхонь деталі.

В даний час найбільш широке застосування отримала холодне виправлення валів на пресах. Однак, цей спосіб виправлення має дуже серйозні недоліки. Тому для відповідальних високонавантажених валів його застосування забороняють. Альтернативні способи виправлення валів за розроблені недостатньо. Так виправлення вала прокаткою роликami не знайшло широкого застосування через технологічні складнощі пов'язані з складною геометрією деталі та створення додаткових напружень, котрі втомну міцність. Виправлення вала шляхом розосередженого карбування поверхонь щік складно забезпечити технологічно.

Разом з тим набув широкого застосування метод карбування певних сегментів галтетей корінних та шатунних шийок КВ. Карбування галтелей виконують ручним слюсарним молотком, що клепає, масою 0,8 кг зі спеціальними бойками, розміри яких повинні відповідати розмірам галтелів або ж застосовується пневматичний молоток КМП-14М з ударним чеканом зі сферичною формою ударної поверхні. Процеси є трудомісткими і не технологічними з застосуванням ручної праці.

Разом з тим представляє інтерес розробки теоретичних розрахунково-аналітичних залежності для розрахунку згинального моменту при правці валів за допомогою карбування, для розрахунку величини виправлення для різних варіантів взаємного розташування опор валу, пластичних відбитків та перерізу, де проводиться вимірювання величини виправлення, а також залежність величини виправлення від режиму карбування, що визначаються як вплив кількості ударів на просторову орієнтацію КВ. Отримання таких залежностей надасть можливість створити стенд для зміни просторової орієнтації КВ шляхом карбування певних секторів галтелей шийок вала та механізувати процес правки. Механізація процесу правки надасть можливість застосувати даний процес як при виготовленні КВ в крупносерійному виробництві так і дрібносерійному при відновлення до номінального розміру і в одиничному – при поточному ремонті деталі.

РОЗДІЛ 1

ОБҐРУНТУВАННЯ НАПРЯМКУ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

1. 1. Аналіз причин порушення просторової макрогеометрії КВ

1.1.1. Порушення просторової макрогеометрії КВ при виготовленні

Виготовлення КВ супроводжується значним термічним впливом на деталь, що обумовлюється різними вимогами до трибо механічних характеристик поверхонь деталі. Складність геометрії деталі, наявність включень, ліквіації та недоліки технологій значно ускладнюють процес. Нерідко при термічній обробці відбуваються порушення призначеного режиму обробки, що може привести до неоднорідності внутрішньої структури деталі, котра проявляється у велико кристалічній і дрібнокристалічній будові. Велико кристалічна внутрішня структура має знижені характеристиками міцності, і як наслідок – підвищену схильність до крихкого руйнування деталі. Особливо це актуально в процесі

гартування поверхонь шийок КВ індукційним нагрівом і може викликати появу тріщини біля отворів, що забезпечують підведення мастильних матеріалів до поверхонь тертя. Тріщини, як правило, виникають внаслідок перегріву кромek отворів через підвищену щільність індукованого струму (рис. 1.1).

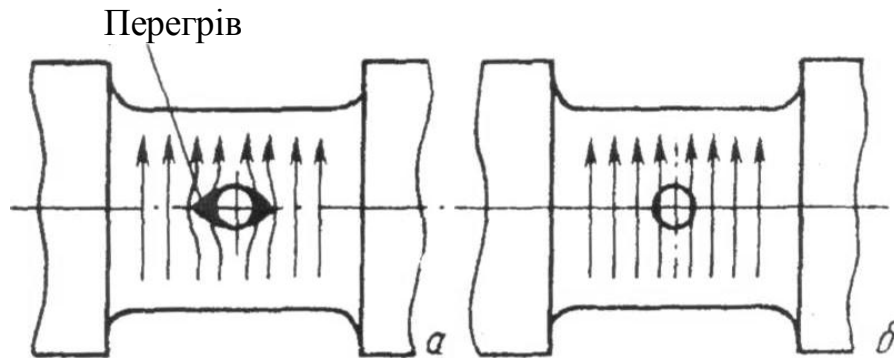


Рисунок 1.1 - Схема розподілу струму в шийці валу при відкритому (а) отворі і із застосуванням заглушки (б)

Заовалення кромek отворів, застосування заглушок та обробка зони поверхнево-пластичною деформацією ускладнює технологію.

Дуже значний вплив надійності роботи КВ має статична та динамічна неврівноваженість деталі, яка може виникнути не тільки через технологічні недоліки механічної обробки, але і неоднорідності та включення матеріалу або по іншим технологічним та матеріальним причинам. Неврівноваженість КВ в подальшому при експлуатації може викликати вібрації, котрі порушують правильну роботу двигуна через появи відцентрових сил інерції. Динамічна неврівноваженість КВ також приводить до нерівномірної дії зовнішніх сил, що виникають при дії механізму та збільшують реакції опор при обертанні КВ, що негативно впливає на втомний опір матеріалу деталі. Значний вплив на ресурс деталі мають рівень шорсткості поверхні, що впливає на трибологічні характеристики спряження і в комплексі з відхиленнями при термообробці та шліфувальними тріщинами КВ можуть привести до утворення тріщин, які знижують надійність роботи деталі.

Особливості термічної обробки КВ викликає розподіл загартованого шару струмами високої частоти в районі шийок (рис. 1.2.) і, як наслідок, приводить

до різної величини характеристик напруги біля галтелів, що в свою чергу є концентраторами напружень. Це приводить до різного значення опору навантаженням згину, що діють на деталь, особливо якщо не досягається рівномірність довжини загартованого шару по відношенню до довжини шийки КВ.

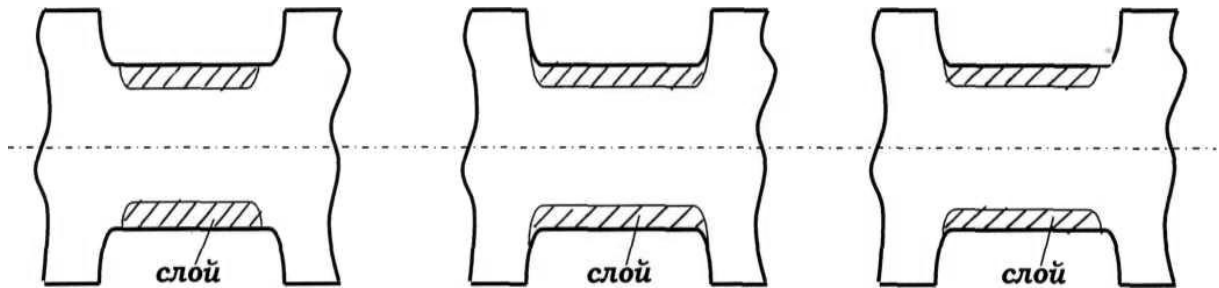


Рисунок 1.2 – Розташування загартованих зон по шийках КВ

При конструюванні та виготовлення КВ вибір матеріалу і термічної обробки здійснюється по критеріям їх працездатності, зокрема критеріями працездатності цапф при взаємодії з корінними опорами двигуна.

Заготовки валів, при їх виготовленні із високо вуглецевих та середньо легованих сталей, отримують гарячим штампуванням із забезпеченням сприятливої орієнтації волокон. При цьому бажано, забезпечити варіант коли волокна макроструктури металу деталі не перерізуються, а відповідають конфігурації КВ (рис. 1.3).

Після отримання заготовки штампуванням, необхідно провести нормалізацію деталі для поліпшення процесу механічної обробки різанням і підготувати структуру деталі до подальшої термічної обробки. Сталі здебільшого піддаються нормалізації з забезпеченням твердості HV 170 - 220. Контролювати структуру та властивості матеріалу для виготовлення КВ слід на темплетях (зразках), які відрізають від поковок заготовки КВ.

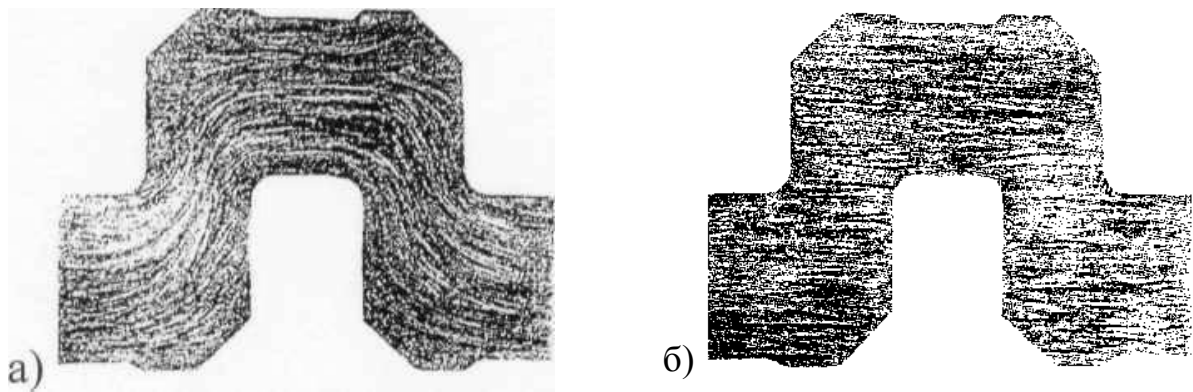


Рисунок 1.3 - Схема макроструктури КВ: а - штампованого; б - вирізаного із заготівки

Здебільшого в якості матеріала для КВ застосовують вуглецеві і леговані сталі, що мають високі механічні характеристики, здатні до зміцнення і придатні для отримання циліндрових заготовок штампуванням. Застосовують термічно оброблювані середньо вуглецеві і леговані сталі 45, 40Х. Для високо напружених і форсованих двигунів застосовують леговані сталі: 40ХН, 42ХН2МА, 30ХГТ, 30ХГСА і ін. КВ з цих сталей піддають поліпшенню (гарту з високим відпуском) або поверхневому гартуванню при нагріві струмом високої частоти з низьким відпуском.

Для виготовлення КВ з особливо складною геометричною формою - з великими фланцями і отворами, і важких валів разом із сталлю застосовують високоміцні (з кулястим графітом) і модифіковані чавуни. Незважаючи на менша міцність чавунних КВ, це в значній мірі компенсується вищими ливарними якостями при складних формах КВ, меншою чутливістю в багато опорних валах до зсуву опор через менший модуль пружності і меншим динамічним навантаженням через підвищену демпфуючу та релаксуючу здатність чавуну.

Зважаючи на складнощі термічної та механічної обробки КВ, як деталь складної геометрії і умов термообробки, піддається багаторазовому контролю відповідності просторової геометрії технічним вимогам. Це необхідно для забезпечення мінімальних допусків при механічній обробці і для усунення викривлення вала при термічній обробці. Операції правки здебільшого

застосовують на пресах, в тому числі методами секторальної правки та з застосуванням термічного впливу, щоб унеможливити появу тріщин.

Враховуючи вище зазначене, розробка ефективного методу правки карбуванням є актуальною задачею. Але перепорою слугує ручний метод правки. Розробка механізованого та автоматизованого методу правки для умов масового та крупносерійного виробництва вимагає детальної розробки теоретичних розрахунково-аналітичних залежностей для розрахунку величини виправлення для різних варіантів взаємного розташування шийок КВ, а також залежностей величини виправлення просторового положення деталі від режиму карбування, вплив кількості ударів на процес.

1.1.2. Порушення просторової макрогеометрії КВ при експлуатації двигуна

В процесі експлуатації двигунів внутрішнього згорання мають місце задири шийок, заклинювання корінних і шатунових вкладишів, поршнів і ін. пошкодження. В результаті КВ набувають залишкових прогинів, в середньому, 0,6-0,8 мм [1]. Також спостерігаються значні явища згинання і викривлення просторової геометрії КВ внаслідок катастрофічного зносу, що спостерігається при заклинюванні двигуна при аварійних ситуаціях. Це можуть бути заклинювання внаслідок порушень зазорів, умов мащення та навантажень у спряженні корінні опори – корінні шийки КВ, заклинювання поршнів, зломів шатунів та інших виходах з ладу двигуна. Це приводить, наприклад, до того, що кількість колінчастих двигуна ЗМЗ-53, що вимагають введення операції виправлення при першому капітальному ремонті із-за прогинів, складає близько 82%.

З урахуванням значної вартості КВ, створення дієвого механізму виправлення просторової геометрії КВ є актуальною задачею у умовах практичної експлуатації автотранспортного парку.

1.1.3. Порушення просторової макрогеометрії КВ при перешліфовуванні на ремонтний розмір

Колінчасті вали шліфують під ремонтний або номінальний розміри. Шліфування під ремонтний розмір найчастіше виконують в одну операцію, з двома установками на обробку корінних та шатунних шийок КВ. Величина зносу шийок визначає ремонтний розмір шийок, вибір якого проводиться відповідно до технічних умов.

Для шліфування шийок КВ застосовують універсальні шліфувальні верстати для перешліфовування КВ ЗА423 і ЗВ423 та їх численні модифікації. Спочатку шліфують корінні шийки і інші поверхні, що знаходяться на одній з ними осі, а потім шатунові. Шийки валу шліфують електро корундовими на керамічній зв'язці шліфувальними кругами зернистістю 16...60 мкм.

Перед шліфуванням шліфувальний круг правлять алмазним олівцем, закріпленим в облямюванні, при рясному охолоджуванні емульсією. Циліндрову частину круга правлять, переміщаючи алмазний олівець в горизонтальній площині, а галтелі — гойданням облямювання з олівцем в цій же площині. Бічні площини круга обробляють до необхідної ширини при поперечній подачі шліфувального круга. Шліфувальні круги рекомендується правити після шліфування одно – дво опорних КВ.

Базовими поверхнями при шліфуванні корінних шийок є центрові отвори. Шліфування шатунових шийок проводять на іншому верстаті, обладнаному центрозміщувачами, що забезпечують збіг осей шатунових шийок з віссю обертання верстата.

Крайні корінні шийки КВ закріплюють в патрон центрозміщувача, заздалегідь встановленого на необхідний радіус кривошипа, що забезпечує погрішність базування не більше 0,03 мм. Потім шатунові шийки виставляються тільки в горизонтальній площині. Заздалегідь шліфовану шийку виставляють призмою, остаточно — індикаторним пристроєм. Свідчення індикатора дорівнює половині припуску на шліфування. При остаточно відшліфованій шийці індикатор встановлюється на «нуль».

Припуск на шліфування залишають в межах 0,3...0,5 мм на сторону. У кожному конкретному випадку режими шліфування уточнюються залежно від жорсткості КВ.

Для запобігання появі мікротріщин при шліфуванні застосовують рясне охолодження. Струмінь рідини, що охолоджує, повинен повністю покривати робочу поверхню шліфувального круга. Як рідина, що охолоджує, використовують емульсію (10 г емульсивного масла на 1 л води).

Втомна напруга виникає із-за нерівномірного зносу шийок, короточасних перевантажень двигуна, нерівномірної подачі палива до циліндрів, зсуви опор блоку в зв'язку з старінням металу. Здебільшого спостерігається зниження межа витривалості у таких КВ на 20...25% в порівнянні з новими. Зона накопичення втомних пошкоджень у карбюраторних двигунів знаходиться в центральній частині шийок (щоки значно міцніші за шийки) в зоні провідних отворів, у дизельних — в зоні переходу галтелі в щоки валу. Основним небезпечним навантаженням для дизельних двигунів вважають момент (руйнування валу по щоках), що вигинає, а для карбюраторних — що крутить (руйнування валу по шийках).

При перешліфовуваннях КВ карбюраторних двигунів віддаляються поверхневі шари шийок з втомними пошкодженнями, що накопичилися, а їх нарощування приводить до розвантаження найбільш напружених шарів металу, що сприяє відновленню їх ресурсу. Для КВ дизельних двигунів перешліфовуванням повністю видалити напругу і гранично зруйновані шари металів в зоні галтелів практично неможливо, тому їх ресурс відновити не вдається.

Отже проблема підвищення опору втомі КВ особливо гостро стоїть в ремонтному виробництві. Так, перешліфовування нового КВ до 1-го ремонтного розміру знижує межу витривалості на 8%, а до 5-го - на 16,5%. Перешліфовування зношеного КВ - на 15% і 25% відповідно.

1.1.4. Порушення просторової макрогеометрії КВ при різноманітних методах відновлення

Вітчизняне і зарубіжне машинобудування накопичило великий досвід в їх проектуванні, виготовленні, експлуатації і ремонті. Великий внесок до розробки проблеми підвищення надійності і довговічності валів внесли Беркман А. А., Бурумкулов Ф. Х., Берштейн Р. Ш., Браславський В. М., Гарф М. Е, Горохов В. А., Долецкий В. А., Жук Е. І., Какуєвіцький В. А., Кудрявцев І. В, Лельчук Л. М, Лялякин В. П., Лейкин А. С., Нігородов У. В., Півників Р. Е., Серенсен З. В., Стеценко Е. Г, Суслов В. П, Школьник Л. М. і ін. Проте нерідкі випадки руйнування валів в експлуатації із-за недостатнього запасу опору в томи. Так, аналіз причин вибраковування КВ двигунів А-41, ЯМЗ-238НБ, ЯМЗ-240Б, КамАЗ і ін, що поступають в капітальний ремонт, показує, що від 3 до 16% валів мають втомні тріщини, від 2 до 8% КВ руйнуються від втоми. Межа витривалості гранично зношених КВ знижується на 20-30% в порівнянні з новими КВ. В більшості випадків руйнування відбувається в перетині галтелів, які є неминучим конструктивним елементом КВ і концентратором напруги.

Коли повністю використані передбачені конструкторами міжремонтні розміри, що відповідає максимальному накопиченню втомної напруги, на зношені шийки КВ наносять металопокриття.

Більше 85 % об'єму відновлення шийок КВ виконуються зварювально - наплавлювальними методами.

Зношені поверхні під шків і шестерні нарощують на наплавлювальному верстаті У-651У4 або на токарно-гвинторізному, оснащеному наплавлювальною головкою ОКС-6569, наплавленням електродуги дроту 18ХГС або 30ХГС діаметром 1,0-1,5 мм в середовищі вуглекислого газу.

Після наплавлення перевіряють стан центрових отворів. Видимі забоїни, вм'ятини і сліди корозії виправляють розточуванням на токарно-гвинторізному верстаті типу 1М63 або 16К20. Для цього вал затискають в

патроні за першу корінну шийку, а під крайню встановлюють люнет. Потім вивіряють вал і добиваються, щоб биття корінної шийки було не більше 0,03 мм. Виправляють центровий отвір проточуванням фасонним різцем з напайкою з твердого сплаву та з застосуванням люнету до виведення слідів зносу.

Для виправлення другого центрального отвору вал затискають в патроні за поверхню під шестерню КВ, а люнет встановлюють під першу корінну шийку і підтискають центром, що обертається. Наплавлені поверхні проточують на верстаті типу 1М63 із застосуванням різців з твердосплавними пластинами мазкі ТК. Шліфування оброблених поверхонь проводять на круглошліфувальних верстатах типу ЗД4230.

Паз шпони заварюють в середовищі вуглекислого газу і наплавляють всю шийку валу дротом 08Г2С або 08ГС товщиною 0,8... 1,2 мм на напівавтоматі А-547у або ЦДГ-301 для дугової зварки. Паз заварюють на всю глибину з перевищенням наплавленого шару над рештою поверхні приблизно на 1 мм. Фрезерують пази шпон на горизонтально-фрезерному верстаті типу 6Р82Г. Для точного розміщення і обробки паза застосовують спеціальне пристосування. Контролюють положення паза щодо діаметральної площини і кутовий зсув щодо осі першого кривошипа.

Для зміцнення валів застосовують накочення галтелів роликками з твердого сплаву. Накатні пристрої повинні забезпечувати пневматичне, гідравлічне або пневмо гідравлічне статичне (ненаголошене) вантаження роликів і мати автоматичний регулятор тиску для підтримки постійного зусилля накочення необхідної величини. Підведення роликів, досягнення необхідних зусиль накочення, а також зняття навантаження (відведення роликів) слід здійснювати плавно при колінчастому валу, що обертається. Накочення нерухомого валу накатними пристроями, що обертаються, не рекомендується, оскільки це веде до фіксації прогину від власної ваги. Припинення обертання валу в процесі накочення не допускається. В процесі

накочення зміцнювана поверхня галтелів повинна змащуватися рідким машинним маслом (93...95%) в суміші з олеїною кислотою (5...7%). Змащуюча рідина не повинна містити металевих або абразивних домішок.

Частота обертання КВ повинна бути в межах $40...60 \text{ хв}^{-1}$; тиск роликів на галтелі — $8000...8500 \text{ Н/м}^2$; час зміцнення (обкатки) — $0,12...0,18 \text{ хв}^{-1}$; повне зміцнення галтелів на всіх ШШ виконують за $2,5... 3,0 \text{ хв}^{-1}$.

Галтелі КВ обробляють по схемі «на врізання» обкатують за допомогою пристрою, що дозволяє застосовувати деформуючі ролики мінімального діаметру і знижувати тим самим силу обкатування. Деформуючі конічні ролики розміщені в сепараторові і контактують з опорним конусом, змонтованим в корпусі. Для запобігання односторонньому вантаженню КВ служать два підтримуючі ролики, кожен з яких спирається на два роликопідшипники, розташованих в нижній головці. Деформуючі і підтримуючі головки встановлюють в навантажуючому пристрої кліщового типу, змонтованому на токарному верстаті, наприклад 1К62. Сила деформації створюється гідроциліндром, що впливає на важелі кліщового пристрою. На зміцнення не роблять вплив відхилення лінійних розмірів шийок, а робоча і опорна частини деформуючих роликів розділені, ніж істотно підвищується їх довговічність.

Діаметр деформуючого ролика — 12 мм, кут конуса — 25° , кут опорного конуса — 46° . Радіуси закруглення ролика відповідають мінімально допустимим радіусам галтелям. Для запобігання залишковій деформації валу обкатування проводять в три-чотири переходи (по декілька шийок в кожному переході). Силу в кожному переході створюють так, щоб деформація валу, що утворилася за попередній перехід, компенсувалася при подальшому переході. В результаті досягається співвісна корінних шийок $0,01 ... 0,03 \text{ мм}$, не потрібна холодна правка валу, а їх опір втомі підвищується на 55... 75 %.

Знос поверхні отвору під підшипник первинного валу коробки передач відновлюється установкою втулки подальшій схемі. На токарному верстаті

1М63 розточується зношена поверхня під втулку по легкопресовій посадці. Втулка запресовується і розточується на розточувальному верстаті в номінальний розмір.

Знос отворів під болти кріплення, залами болтів і шпильок відновлюються по наступній схемі. На радіально - свердлувальному верстаті в поворотному пристосуванні свердлом Ø 6,7 свердлиться отвір в штифті, нарізається різьблення М8 і віддаляється штифт.

Заламані болти висвердлюються свердлом Ø17 і нарізається різьблення під спіральну вставку Сп15,9х1,5 6н мітчиком. Потім встановлюється спіральна вставка.

Після виправлення вказаних вище дефектів вали передаються на обробку шийок в ремонтні розміри. Використовуються круглошліфувальні верстати 3423, 3162 або спеціалізовані моделей БКО-50, БКД-50. Обробка ведеться кругами ПП 900х36,8х305, ПП 900х67,5х305 91А-25НСИ-27К5.

Фаски на масляному каналі знімаються кінцевою фрезою ГОСТ 18947-73 012 і зачищаються бруском Бп80х7х25 63СМ20-М14СМ1 КЛА ГОСТ 2456-79, використовується шліфувальна машинка Іп1011.

Суперфінішування проводиться бруском БС5,5х10х45 63СМ20СТ2КЗЛ на верстаті моделі 3875.

Остаточнo KB полірується на верстаті моделі 3845 полірувальною стрічкою БММШ 175х50000х35 14АМ40 і БММШ 175х50000х68 14АМ40. У дрібносерійному виробництві суперфінішування і полірування замінюються поліруванням жимками з пастою ГОЇ.

Промивка маслоканалів і миття здійснюються на спеціальному мийно - сушильному агрегаті при знятих заглушках.

Більшість відомих способів відновлення розмірів шийок валів наплавлення, остальювання, електро металізація і ін.) призводить до різкого зниження опору втомі валів. Межа витривалості зменшується до 10-30% (іноді - до 60%). При цьому частота втомних руйнувань KB зростає в 2-3 рази.

1.2. Аналіз існуючих технологічних методів виправлення КВ

1.2.1. Виправлення вала холодною пресою

Найчастіше таке виправлення здійснюють на пресах (рис.1.4). Деталь при цьому встановлюють на столі преса на двох опорах опуклістю вгору і вимірюють величину вихідного прогину. Потім повзуном преса, що рухається вниз, впливають на опуклість деталі, згинаючи її в протилежному напрямку і виправляючи цим її геометричну форму. При даному методі правку проводять на гідравлічних пресах шляхом навантаження і розвантаження валу. Залежно від прогину і досвіду правильщиків залежить число навантажень, їх величина і напрямки. Процес навантаження повторюють до тих пір, поки прогин осі валу не стане менший допустимого.

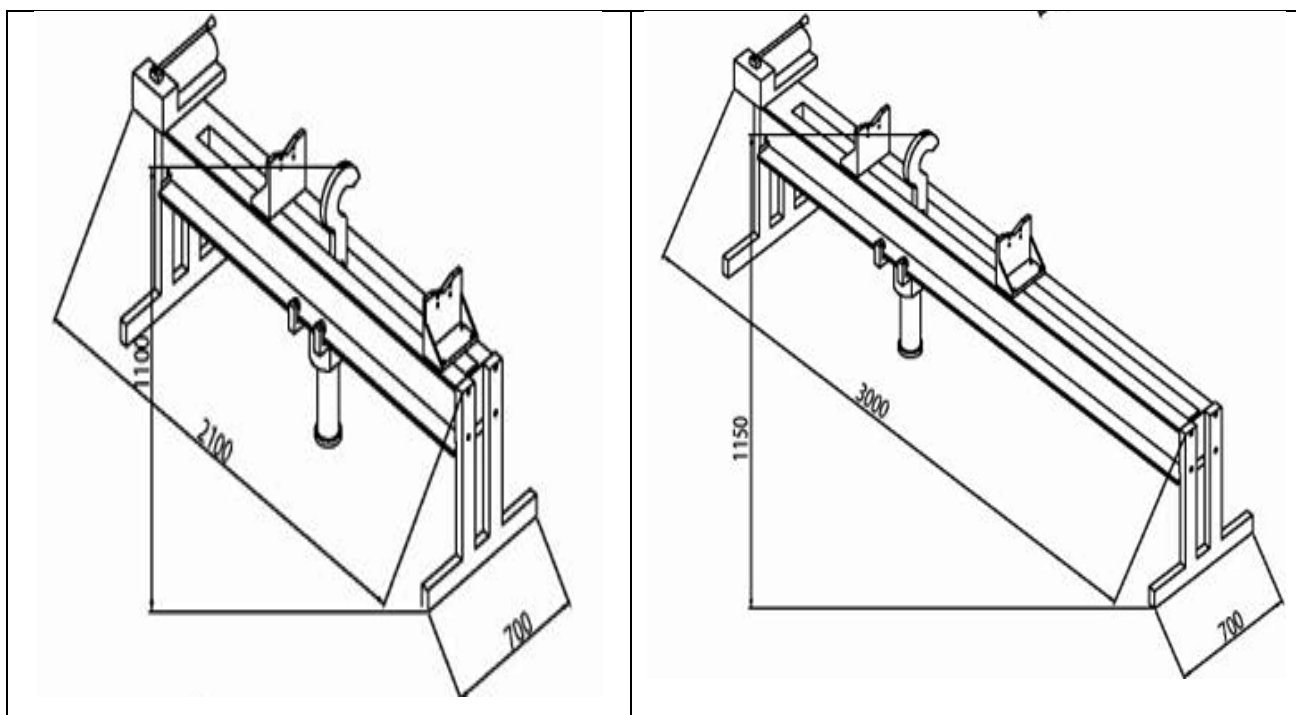
Верхні шари металу при правці зігнутих деталей стискаються, і в них створюється напруження стиснення, нижні, навпаки, розтягуються, і в них виникає напруження розтягування. Середні шари знаходяться в стані спокою. Для здійснення виправлення необхідно, щоб напруження стиснення і розтягування була більше межі текучості матеріалу деталі.

Навантаження до деталі прикладають кілька разів і витримують протягом 1,5-2 хв для підвищення точності деформації.

Недолік даного методу — це зниження втомної міцності і пластичності валу, оскільки в зоні галтелів шатунових шийок можуть розвиватися старі і зароджуватися нові мікро- і макротріщини, а також можливе повернення прогину.



a)



b)

Рисунок 1.4. Зовнішній вигляд та розмірна схема гідравлічного преса для виправлення КВ СР150-250.

Таблиця 1.2. Технічні параметри пресів для виправлення КВ СР150-250.

Прес гідравлічний для виправлення КВ	СР150	СР250
Довжина столу мм.	1900	2800
Максимальна довжина КВ, мм.	1600	2500
Висота від станини до опорних поверхонь КВ, мм.	215	215
Максимальний діаметр шийки КВ, мм.	110	150
Максимальне зусилля преса кг.	8000	8000

Холодне виправлення деталей на пресах має серйозні недоліки:

1. Ця правка нетехнологічна, оскільки, виходячи з величини початкового прогину деталі, робітник повинен натиснути на педаль приводу повзуна преса з таким розрахунком, щоб на повзуні розвинулося зусилля, необхідне для створення деталі залишкового прогину, рівного за величиною, але протилежного у напрямку вихідному. У цьому слід врахувати, що з робочому ході повзуна преса деталь відчуває пружно - пластичну деформацію. При відході повзуна деталь частково відновлює свою колишню форму (у межах пружної деформації). Залишковий прогин деталі буде дорівнює алгебраїчній сумі пружно-пластичної та пружної деформацій. Практично це все врахувати дуже складно, виникають неодноразові "недогини" та "перегини" деталі. Час виправлення збільшується. Кваліфікація робітника має бути високою. При редагуванні на пресах залежно від вихідного прогину КВ проводиться від 1 до 15 навантажень валу. Вал вигинають на величину, що в 10-15 разів перевищує вихідний прогин, тобто до 3-5 мм. Кожне навантаження супроводжують витримкою 0,5-3 хв. [206]. Точність виправлення КВ рекомендують повторно перевіряти після витримки не менше доби у зв'язку з можливістю його повного або часткового повернення до вихідної до виправлення формі [33,43].

2. Процес виправлення КВ на пресах є некерованим, так як у зв'язку з нерівномірною жорсткістю КВ у різних напрямках неможливо заздалегідь

передбачити місце, де відбудеться деформація валу [25], а також величину та напрямок залишкового прогину після виправлення. Іноді при вертикальному додатку сили КШ КВ переміщуються горизонтальному напрямку [182].

3. Геометрична форма деталей після ХПП нестабільна і навіть при звичайному вилежуванні без зовнішніх навантажень має тенденцію до самовільного часткового або повного повернення деталі до вихідної (до виправлення) форми через прояв зворотного пружного післядії [25, 41, 43, 115, 117, 160, 171].

4. При впливі зовнішніх навантажень на сталеві деталі, піддані ХПП, зафіксовано наступне [229]:

4.1. Якщо знак згинального моменту (M_{zg}) від зовнішніх сил протилежний знаку M_{zg} при холодньому виправленні на пресі, межа плинності зразків різко (практично до нуля) падає (інакше він значно збільшується).

4.2. Якщо знак M_{zg} при холодньому виправленні на пресі та випробуваннях на удар збігаються, ударна в'язкість зразків помітно знижується (на 40-50%) у широкому інтервалі температур випробувань (від -40 до +100 С). Причому це зниження помітніше за низьких температурах (при -40°С ударна в'язкість зменшується на -60%). Іншими словами, при холодньому виправленні на пресі дещо зменшує опір холодноламкості сталевих зразків.

4.3. При повторному згинанні ударом число ударів до зламу зразків зменшується, якщо знаки M_{zg} при випробуваннях і холодньому виправленні на пресі протилежні (при збігу знаків M кількість ударів до зламу збільшується).

5. При холодньому виправленні на пресі у багатьох випадках може викликати розриви суцільності, особливо у місцях концентрації напруг, зокрема, й у місцях неметалевих включень, газових бульбашок тощо, які можуть стати епіцентром розвитку втомних тріщин. Така небезпека особливо

велика при ХПП деталей із захищеним поверхневим шаром (наприклад, після загартування, хіміко термічної обробки деталей).

6. Холодне виправлення на пресі загартованих деталей на пресах практично неможлива через їхню підвищену пружність і крихкість.

7. ХПП найчастіше призводить до зниження опору втоми валів на 10-30% [4, 25, 41, 147, 154, 158, 206, 207]. Якщо ж вали піддані обробці ППД з метою підвищення опору втоми, то ХПП може частково або повністю зняти ефект. Іноді відбуваються поломки КВ [24, 158, 177], особливо чавунних [115, 206].

Отже, ХПП негативно впливає багато експлуатаційні показники якості деталей машин. Тому для відповідальних деталей холодна правка на пресах категорично забороняється, про що робиться відповідний запис в технічних умовах на деталь [45, 46, 160, 182].

Правку КВ там проводять на спеціальних пресах ЦСП-60 і ЦСП-80. Вали випрямляють над КШ, а ППП [225].

Фірма "Реге" ФРН випускає спеціальні правильні верстати, які, на відміну пресів, дозволяють правити вал там, де з'явилася деформація [15].

Теоретичні дослідження питань пластичного вигину стосовно його використання для технологічних цілей наводяться в монографіях Сахненко В. Л. [184] і Подпоркіна В. Г. [11].

1.2.4.2 Поелементне холодне виправлення КВ на пресах

Патент на цей спосіб виправлення отриманий у ФРН [277], в нашій країні він також отримав розвиток [24, 25, 26, 115]. Сутність способу полягає в тому, що виправлення піддається не весь КВ, а тільки його окремі деформовані елементи. Зусилля преса через спеціальний пристрій впливає ТТТТТТ з боку осі КШ. Протилежна сторона ТТТТТТ є опорною.

Таким способом можна правити до 85% сталевих і чавунних КВ з вихідним прогином до 1,4-2,5 мм, доводячи його до 0,03-0,15 мм.

Автори вищевказаних статей повідомляють, що геометрична форма

виправлених КВ стабільна в часі та під навантаженням, а межа витривалості КВ дещо зростає.

Недоліком способу є необхідність у потужних пресах (до 150 тон [5]), а також у спеціальному оснащенні. Автори нічого не повідомляють про продуктивність виправлення та кваліфікації робітника. Судячи з усього, продуктивність способу невисока, а кваліфікація робітника навпаки має бути високою.

Широко вживана холодна правка на пресах має серйозні недоліки. Найбільш істотними з них є наступні:

1. КВ правиться в найбільш слабкому перетині, який зазвичай не співпадає з перетином найбільшого початкового прогину.

2. Геометрична форма валів після такої виправлення не стабільна і має тенденцію до мимовільного часткового або повного повернення деталі (особливо під навантаженням) до початкової (до виправлення) форми із-за прояву зворотної пружної післядії.

3. Як правило, істотно знижується опір втомі валів, межа витривалості зменшується на 20.30%. Повністю або частково знімається ефект зміцнення поверхневою пластичною деформацією .

4. Частина чавунних КВ при холодній правці руйнується.

- 1.2.3. Виправлення КВ шляхом розосередженого карбування поверхонь щік

У статті [182] описаний спосіб виправлення КВ шляхом розосередженої ППД поверхонь щік. На малюнку 1.5 за допомогою стрілок і точкових затемнень показані ділянки поверхонь щік, які обробляються ППД. Як інструмент використовують або кульовий молоток, або бойок зі сферичною робочою частиною. Наводиться також схема пристосування для карбування щік КВ на базі пневмо молотка. Автори вважають, що можна допустити не більше 3-4 ударів по одному й тому ж місцю, оскільки при повторних ударах ефективність виправлення знижується. Цим способом можна усунути відносно

невелику кривизну КВ - до 0,03-0,05% довжини валу, якщо вихідний прогин КВ знаходиться в площині кривошипів.

На малюнку 1.13 за допомогою стрілок показані ті зони щік одно площинних КВ, які необхідно обробити карбуванням при різних вихідних прогинах КВ, показаних потовщеними лініями.

При правці шести колінних КВ з'являється можливість виправлення вихідного прогину, що не збігається з площиною кривошипів. У цьому випадку обробляють щоки кривошипів, що лежать у різних площинах, з таким розрахунком, щоб вектор геометричної суми векторів виправлення від обробки цих щік був направлений у бік, протилежний вихідному прогину КВ.

Автори провели втомні випробування зразків КВ, оброблених різними способами, які показали наступне. Межі витривалості на вигин зразків, виправлених ППД, неправлених і виправлених під прес зі створенням в галтелі залишкових стискаючих напруг, практично однакові. Після виправлення на пресі зі створенням в галтелі залишкових розтягуючих напруг межа витривалості знижується на 36-70% залежно від рівня останніх.

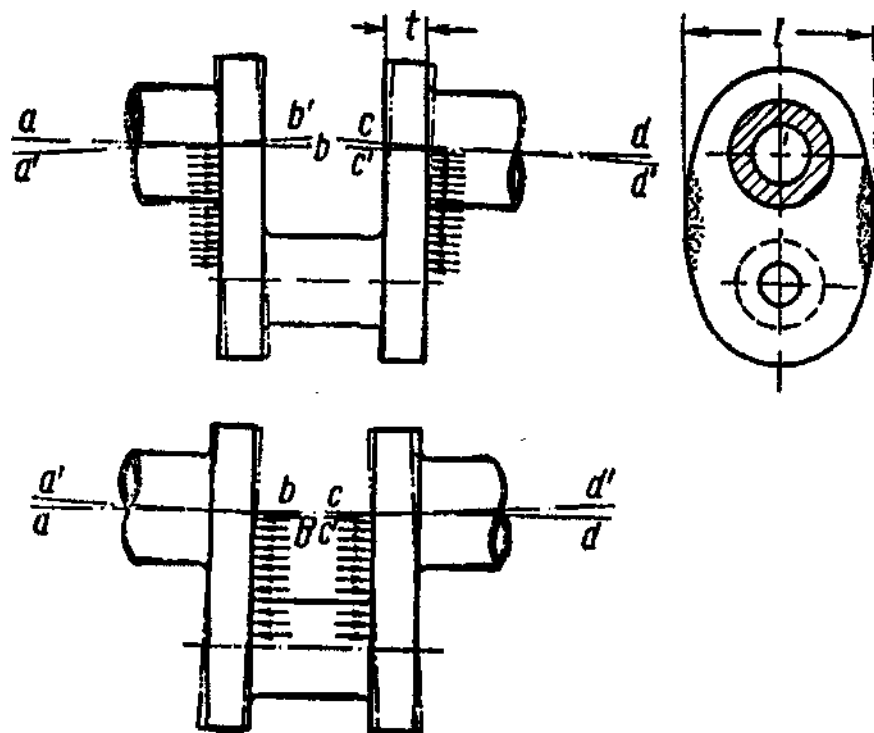
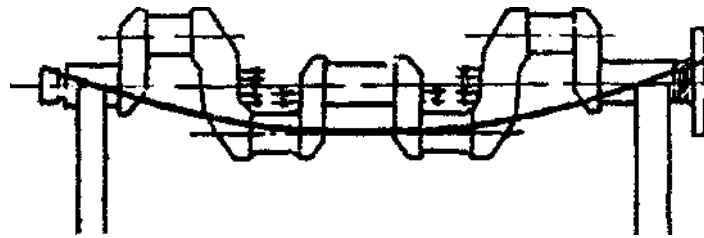


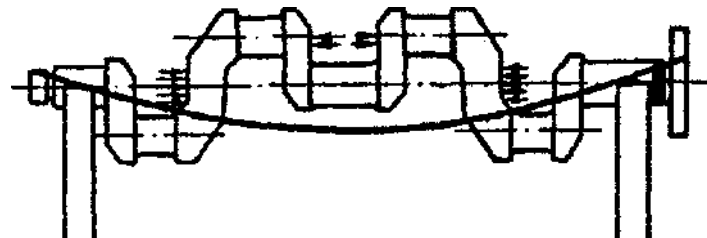
Рисунок 1.5 - Схема виправлення КВ розосередженою карбуванням щік.

У статті [12] згадується про спосіб виправлення шляхом нанесення

вм'ятин за допомогою рихтувального молотка.



а)



б)

Рисунок 1.5 - Зони розосередженого карбування при різних вихідних прогинах КВ.

Разом з тим теорія виправлення КВ шляхом карбування щік не розроблена.

1.4. Висновки та задачі дослідження.

Аналіз причини втрати оптимальної геометрії колінчастого вала при виготовленні, експлуатації, шліфуванні до ремонтного розміру, відновленні різноманітними методами до номінального розміру та існуючі технологічні методи усунення дефекту визначив, що проблема відновлення оптимальної просторової орієнтації колінчастого вала є актуальною і важливою народно-господарською задачею.

Для досягнення необхідної точності геометричної форми прямих і КВ у технологічні процеси їх виготовлення, ремонту та відновлення включають одну або кілька операцій виправлення. Зазвичай застосовують холодне виправлення на пресі, але вона має серйозні недоліки і у відповідальних випадках забороняється.

Відомі лише кілька способів виправлення прямих і КВ поверхневим

пластичним деформуванням. З них найбільш простий і універсальний спосіб виправлення за допомогою карбування. Проте, теорія виправлення валів за допомогою карбування не розроблена, що ускладнює її широке впровадження та механізацію трудомісткого процесу правки.

Задачі дослідження

1. Теоретичне дослідження процесу виправлення карбуванням КВ шляхом карбування з визначенням залежності величини прогину КВ від кількості впроваджень індентора в пружно-пластичне тіло.

2. Вибір та розробка інструментів та пристосувань для контролю просторової макрогеометрії КВ, як осевих так і кутових параметрів.

3. Розробка пристрою для механізації процесу секторального карбування

4. Розробка конструкції пневмопристрою та індентора для нанесення точкового секторального карбування

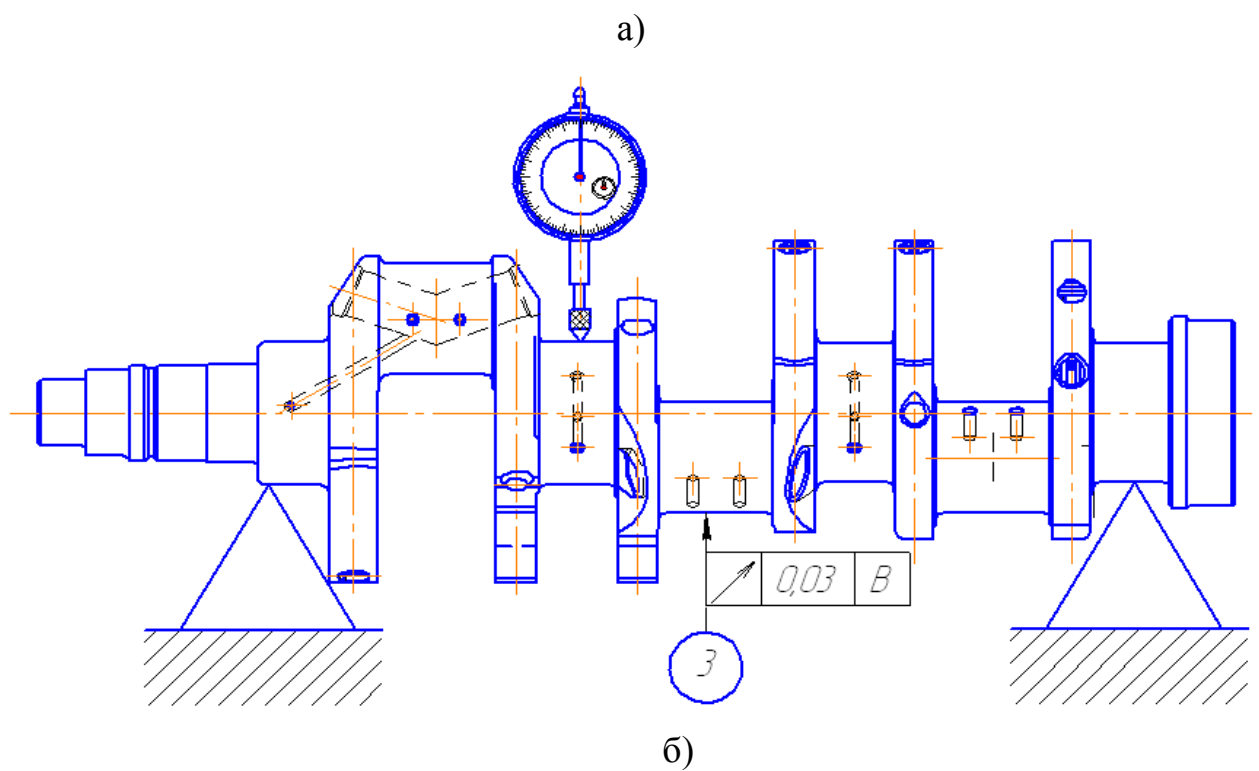
5. Розробка та впровадження в промисловість нових способів та пристроїв для правки просторової орієнтації КВ карбуванням.

РОЗДІЛ 2

АНАЛІЗ ОБ'ЄКТА ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Вибір інструментів та пристосувань для контролю просторової макрогеометрії КВ.

Для контролю просторової геометрії КВ, як правило, застосовуються традиційні пристосування та мірний інструмент. При цьому застосовуються призми П - 3 ТУ 2-034-812-88 і з допомогою індикатора ІЧ - 02 (ГОСТ 57768) та штатива ШМ - 11В (ГОСТ 101977-70) проводиться контроль КВ. Але дана дефектувальна операція дозволяє здійснити лише перевірку вала на згин вздовж основної осі. (рис. 1.2).



а) процес перевірки, б) схема контролю

Рисунок 2.1 – Традиційні пристосування та мірний інструмент для перевірки КВ на згин.

Разом з тим контроль просторової геометрії КВ вимагає детального визначення кутових параметрів деталі. Літературний огляд та практичні

рекомендації спеціалістів під час дипломної практики не надали реальної технології контролю цих параметрів КВ. Викладені результати вимагають постановки однієї з задач дослідження розробки дієвої технології контролю зміни не лише осьових, а й кутових параметрів КВ. Тому розробку цієї проблеми пропонується провести в розділі 3.

2.2. Розробка пристрою для забезпечення механізації процесу секторального карбування шийок КВ

Як правило процес правки карбуванням здійснюють ручним методом шляхом нанесення секторальних ударів по визначеним поверхням КВ. Удари наносяться за допомогою чекана - індентора, що являє собою плоский стрижень з фрезерованим на конус та заovalеним наконечником. При розробці пристрою розмір заovalеної сфери плануємо визначити шляхом теоретичних досліджень

Стенд складається з зварної рами 1, що виготовлена з сталевих кутників та обшита листовими щитками 15. В якості приводу слугує асинхронний електродвигун 13, що за посередництвом муфти 14, передає крутний момент на черв'ячно - циліндричний редуктор 8, на вал якого насаджується планшайба трикулачкового патрона 7. На поздовжніх кутниках рами встановлена опора 6 пневматичного чекана 5 та опора 2 призми. Пневматичний чекан 5 від'єднується до пневмосистеми через масло відділювач 9 та волого відділювач 10. Опора чекана 6 та опора призми 5 фіксуються фіксаторами 3. Для обмеження обертального руху КВ в заданому секторі передбачено механізм, що складається з обмежувачів руху 20, котрі кріпляться на нерухомому диску 21 і кінцевих вимикачів 19, що кріпляться на рухомому диску 22.

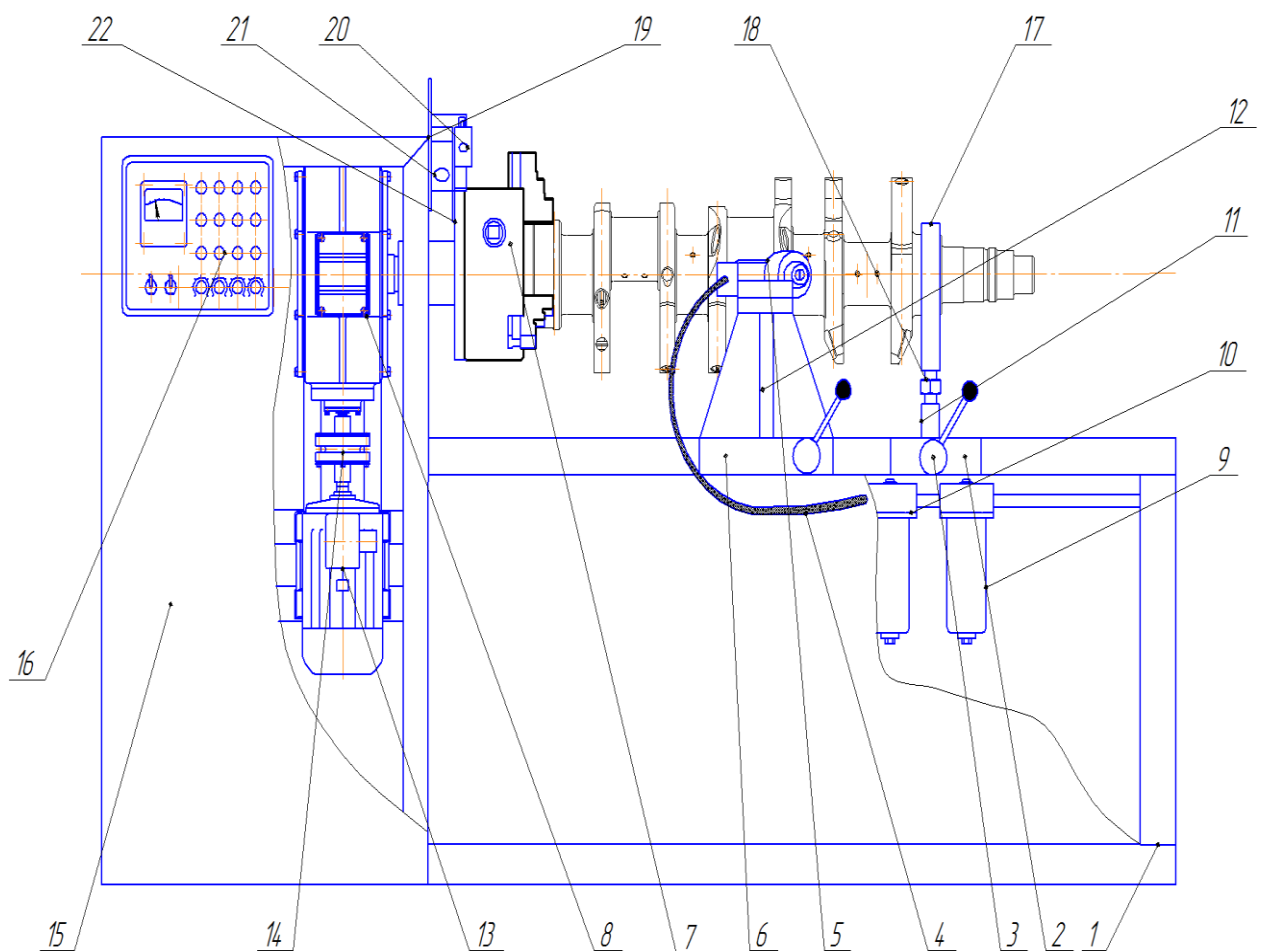


Рисунок 2.2. Загальна будова стану (позначення в тексті)

2.2.1. Принцип роботи та технічні параметри пристрою

Принцип роботи стану. КВ, що піддається правці затискається в трикулачковий патрон 7. Крайня корінна шийка встановлюється на призму 17 і виставляється по осі у за допомогою системи гайок 18. Опора призми затискається фіксатором. До галтелі шийки підводиться опора 6 з пневматичним чеканом 5 і затискається фіксатором 3. На панелі управління 16 вмикається обертання стану. При цьому на механізмі обмеження руху за допомогою кінцевих вимикачів 19 та обмежувачів руху 20 виставляється необхідний сектор обертання трикулачкового патрону 7 з валом.

2.2.2. Розробка конструкції пневмопристрою для нанесення точкового секторального карбування

Одним з різновидів процесів обробки металів тиском є клепка, яку класифікують на пресову, клепку тиском з розкочуванням, багато ударну і імпульсну.

Створюваний імпульсний інструмент, що клепає, має бути надійним, володіти енергетичною стабільністю, високою циклічністю, достатньою енергією одиничного удару, можливістю її оперативного регулювання. Надійності сприяє простота конструкції, яка, крім того, визначає технологічність інструменту, його вартість. При імпульсній клепці стабільність енергії удару інструменту і його циклічність визначають якість з'єднання, а також стабільність і продуктивність технологічного процесу клепки в цілому. Важливо і те, що висока енергетична стабільність інструменту знижує вплив індивідуальних особливостей і кваліфікації виконавців на якість заклепувального з'єднання. Можливість плавного і зручного регулювання енергії удару дозволяє оперативно налаштовувати молоток на оптимальні технологічні режими клепки.

При цьому інструмент повинен строго відповідати вимогам техніки безпеки.

Нарешті, застосування механізованого інструменту, що полегшує ручну працю тих, що клепають, неможливе без задоволення вимогам економічності.

В результаті аналізу останніх досягнень і публікацій встановлено, що найбільш вдалим в конструктивному відношенні і відпрацьованим з погляду вимог виробництва є пневмо імпульсні молотки мод, що клепають. МПІ-90 (МПІ-90М), розроблені на кафедрі технології літакобудування Харківського авіаційного інституту в середині 80-х років минулого сторіччя [2, 3]. Ці молотки вигідно відрізняє від аналогів покращувані умови праці виконавців унаслідок виключення притискного зусилля при клепці, зниження до мінімуму зусилля натиснення на курок управління, демпфування енергії віддачі молотка при ударі. Вони володіють вищою стабільністю енергії удару

зважаючи на наявність в конструкції молотка клапана швидкого скидання тиску, відсічного клапана і ресівера, що забезпечує накопичення стислого повітря в необхідному об'ємі.

Проте наявний досвід експлуатації молотків вказаної моделі виявив і ряд їх слабких місць, що клепають [4, 5].

Порушення чіткого функціонування клапана швидкого скидання тиску викликало не тільки нестабільність енергетичних характеристик молотка, але іноді приводило до відмов в роботі. Подібний недолік найбільш характерний при тривалих перервах в роботі молотка.

Конструкцією молотка передбачено регулювання енергії удару тільки з допомогою зовнішнього редуктора, вбудованого в блок підготовки стислого повітря. Регулювання енергії удару так само хоча і є ефективним, але не може вважатися задовольняти по оперативності і зручностям в експлуатації.

Енергія удару істотно залежить від якості виконання замку (посадки хвостовика бойок у фторопластовому кільці), що визначає величину перепаду тиску в забойковій і предбойковій порожнинах, при якому починається процес розгону індентора. Наявність в предбойковій порожнині протитиску при розгоні бойка, крім того, істотно знижує значення енергії удару.

Демпфування енергії удару тільки за рахунок гумового демпфера на штовхачі також не можна вважати за достатньо ефективним. У зв'язку з цим були сформульовані наступні напрями вдосконалення молотків, що клепали:

- підвищення надійності інструменту;
- підвищення стабільності енергії одиничного удару;
- забезпечення оперативного і зручного регулювання енергії удару;
- розширення технологічних можливостей інструменту за рахунок зниження габаритно - масових характеристик, нових компоновальних рішень;
- поліпшення гігієнічних і ергономічних показників.

Розробка нових схем пневмо імпульсних молотків, що клепають, і поліпшення вже наявних конструкцій проводили відповідно до напрямів вдосконалення, викладеними вище. Одна з схем, що задовольняє цим вимогам і втілена в реальну конструкцію, представлена на мал. 1.

Важливою характеристикою, що визначає енергоозброєність і габарити пневмо- імпульсного інструменту, є ступінь розширення стислого повітря ст. Її раціональні значення складають $v=1,4-1,6$ [2]. За рахунок виконання в рукоятці 2 підводні канали 10 і шланга пневмо проводів, що має збільшений внутрішній діаметр. Цей захід дозволив досягти ступеня розширення $\delta=1,7$ при зменшених в порівнянні з мод. МПІ- 90М габаритних розмірах (без виконаних конструктивних заходів $\delta=2,3$).

Пружина голчатого клапана 26 підібрана таким чином, що клапан відкриває випускний отвір 27 при тиску в ресівері, трохи меншим тиск в напірній магістралі. При цьому витрата енергоносія мінімальна. Цим підвищують економічність молотка.

З метою збільшення стійкості обтискання виконане гладким, з різьбовою частиною в середині, на якій щільно посаджений поясочок, виконаний з фторопласту для зменшення сил тертя і підвищення ККД. Цим вдалося уникнути концентрації напруги в місці переходу мінімального перетину обтискання в максимальний перетин.

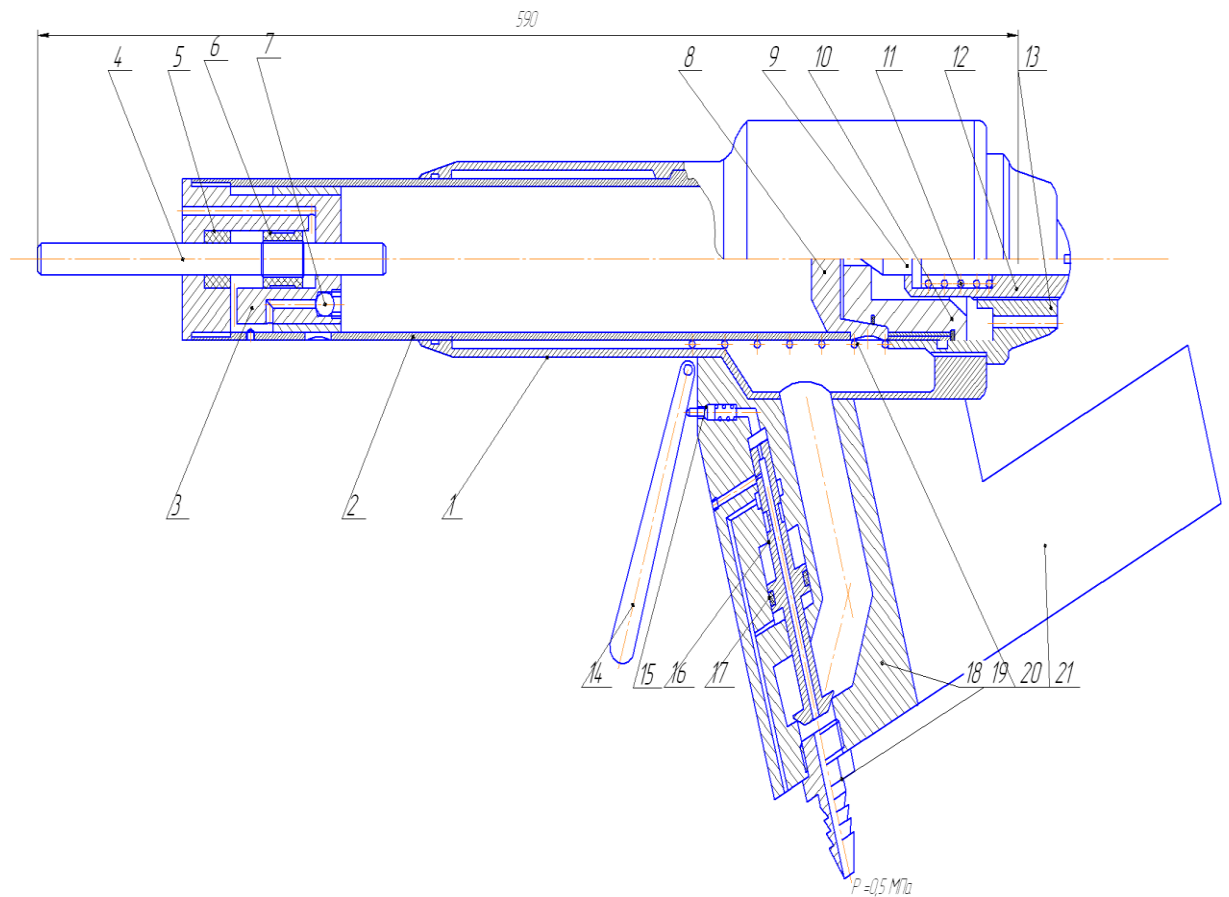


Рисунок 2.3 - Принципова схема пневматичного карбувальника: 1 - корпус; 2 - рукоятка; 3 - стовбур; 4 - передня букса; 5 - задня букса; 6 - ресівер; 7 - дренажні отвори; 8 - передбойкова порожнина; 9 - вікно; 10 - підвідний канал; 11 - забойкова порожнина; 12 - бойок; 13 - ущільнення; 14 - зворотний клапан; 15 - обтискання; 16 - поясок обтискання; 17, 18 - канали; 19 - демпфер; 20 - кільцева порожнина; 21 - втулка клапана швидкого скидання тиску; 22 - пружина; 23 - задня кришка; 24 - дренажні отвори; 25 - втулка; 26 - голчатий клапан; 27 - випускний отвір; 28 - курком золотник; 29 - курок; 30 - пусковий золотниковий розподільник повітря; 31 - канал; 32 - нижня порожнина розподільника повітря; 33 - канал; 34 - трубопровід; 35 - проточка; 36 - осьовий канал; 37 - канал; 38 - середня порожнина розподільника повітря; 39 - канал; 40 - верхня порожнина розподільника повітря; 41 - канал; 42 - сідло; 43 - вхідний отвір

У пропонованій конструкції збережені від попередників такі вдалі рішення, як автоматичне повернення обтискання в початкове положення,

виключення притискного зусилля, мінімальні зусилля натиснення на курок. За рахунок застосування пружини 22 поліпшується демпфування енергії віддачі.

У таблиці 1 для порівняння приведені основні технічні характеристики пневматичного чекана

Таблиця 2.1. Основні технічні характеристики пневматичного чекана

Параметри	Одиниця вимірювання	Величина параметра
Енергія удару (при робочому тиску $0,5 \pm 0,1$ МПа)	Дж	70
Циклічність роботи	удар/ хв.	50
Зусилля, що прикладається до рукоятки	Н	0-5
Зусилля натиснення на курок	Н	1,5-2,0
Габаритні розміри	мм	350x70x190
Маса	кг	2,5
Витрата стислого повітря за 1 робочий цикл	м ³	$(0,3-0,4) \cdot 10^{-3}$

За рахунок відмови від ресівера, виконаного безпосередньо в конструкції молотка, і винесення його окремою конструктивною одиницею 38, наприклад, на пояс того, що клепає, вдалося істотно зменшити габарити молотка. Такий захід, природно, понизив ККД молотка, проте воно виправдане при обмеженому підході до місця клепки. Підвідний канал 9, шланг 40 збільшеного внутрішнього діаметру і ресівер 38 виконані як єдиний накоплювач стислого повітря з мінімальними місцевими і путніми гідравлічними втратами. Обтискання 21 виконана гладкою з різьбленням на кінці, на яке посаджений поясок 22 з поліуретана, що одночасно виконує роль зворотного клапана. Для зменшення до мінімуму зусиль натиснення на кнопку 8 курком золотник 7 виконаний розвантаженим. Демпферування енергії відкоту здійснюють пружиною 4. Втулка 19 під дією пружини 20 переміщається вперед, сполучаючи проточкою 36 каналів 26 і 27. Повітря з

підвідного каналу 9 по каналу 16, проточці 15, каналу 13 поступає у верхню порожнину розподільника повітря, переміщуючи його вниз. Далі повторюється робочий цикл, описаний вище.

Регулювання енергії удару здійснюється редукційним клапаном блоку підготовки стислого повітря.

2.2.3. Розробка конструкції індентора для карбування

При розробці конструктора індентора для карбування дотримувались принципу спряження індентора з конструктивними елементами пневматичного карбувальника. Поверхні індентора конструювались з забезпеченням принципу оптимального спряження з виконавчими механізмами пневматичного карбувальника. При розрахунку конструктивних параметрів індентора враховувався силовий вплив на стрижень індентора та характер циклових навантажень при виконанні операції карбування в залежності від величини сектору впливу.

Також важливим фактором при цьому є твердість оброблюваної поверхні, так як відомо з літературного огляду та експериментальних досліджень, що поверхня галтелей, котра піддається карбуванню володіє значною твердістю та зносостійкістю. Ці якості поверхні досягають підбором матеріалу деталі та термообробкою шляхом застосування гартування струмом високої частоти з послідовним відпуском. Враховуючи ці фактори для виготовлення індентора використовувалась інструментальна сталь У8 у вигляді каліброваного прутка, котрий піддається поковці згідно ГОСТ 1435-99. Так як цей матеріал використовується в промисловості для інструменту, що працює в умовах, що не викликають розігріву ріжучої кромки: фрез, zenків, сокир, стамесок, долот, пилок поздовжніх і дискових, накатних роликів, кернерів, викруток, комбінованих плоскогубців, бічних кусачок, що відповідає умовам роботи індентора. Стрижень індентора після загартування піддавався високому відпуску, а вся деталь нормалізації.

Technical drawing of a mechanical part, showing a front view (left) and a side view (right).

Front View (Left):

- Top diameter: $\varnothing 10 \pm 0.03 / 0.10$
- Top length: 20 ± 0.1
- Middle diameter: $\varnothing 25$
- Middle length: 10 ± 0.1
- Bottom diameter: $\varnothing 35$
- Bottom length: 20
- Total length: 65 ± 2
- Surface finish: $R 40$
- Material: $HRC 45-50$
- Note: **Полірувати** (Polish) with an arrow pointing to the tapered section.

Side View (Right):

- Profile view showing the 45° chamfer and 40° taper.
- Radius: $R 40$
- Material: $HRC 45-50$
- Bottom radius: $R 5 \pm 0.1$

Рисунок 2.4 – Конструкція індентора для карбування

РОЗДІЛ 3

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЗМІНИ ПАРАМЕТРІВ ОБ'ЄКТА

3.1. Розробка методології контролю кутових параметрів просторової геометрії КВ.

Як зазначено в розділі 2 даної роботи застосування традиційних пристосувань та мірильних інструментів для контролю просторової геометрії КВ не дає змоги виявити об'єктивний стан деталі по параметрам кутових відхилень. Використання призми П - 3 згідно ТУ 2-034-812-88 та стандартного індикатора ІЧ - 02 (ГОСТ 57768) з штативом ШМ - 11В (ГОСТ 101977-70) дозволяє провести лише перевірку КВ на прогин вздовж основної осі, при цьому ігноруючи такий важливий показник як відхилення кутових параметрів розташування вісей шатунних шийок відносно основних площин цієї геометрично складної деталі.

Для вирішення цієї проблеми в першу чергу визначимо, що при проведенні контролю основною базою КВ загальна площа перших корінної і шатунної шийок (площина 1-го кривошипа). Відповідно і всі допустимі кутові відхилення осей пазів, шпонок і площин решти кривошипів задаються стосовно неї.

Пропонується встановити КВ передньою корінною шийкою на нерухому стандартну, або виготовлену згідно технічних умов для конкретного КВ призму, а задньою – на регульовану призму, котра базується на перевірочній плиті. Як правило в якості перевірочної плити застосовується робочі столи горизонтально або вертикально розточних верстатів, що широко застосовуються в авторемонтному виробництві (рис. 3.1). В роботі за допомогою зазначених штатива МШ-1Н та стандартного індикатора типу ІЧ проводимо вивірення крайньої корінної та першої шатунної шийки КВ що до паралельності застосованої перевірочної плити.

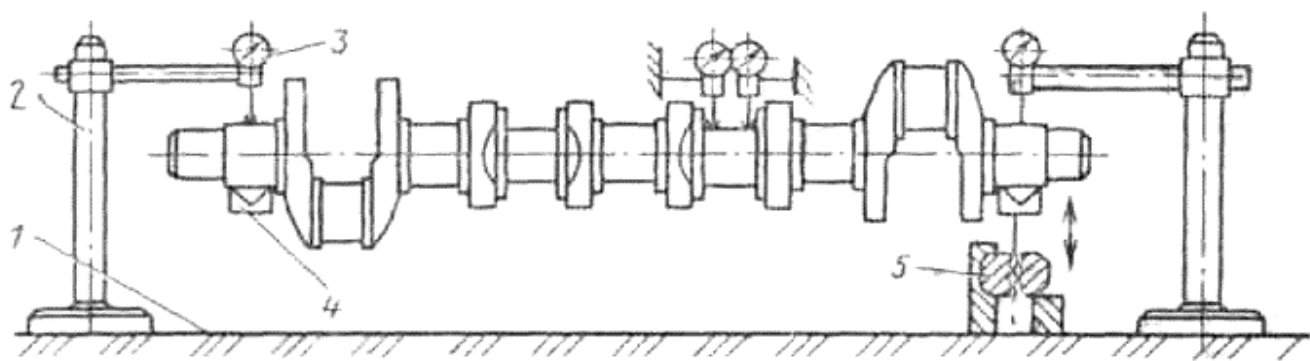


Рисунок 3.1. Загальна компоновка КВ для забезпечення установки поверхонь крайніх корінних шийок паралельно застосованій перевірочній плиті: 1 - перевірочна плита, 2 - штатив МШ-1Н; 3 – стандартний індикатор ІЧ, 4, 5 - нерухома і регульована призми, адаптовані під конкретні параметри даної моделі КВ.

Призма, базування крайньої корінної шийки, забезпечує її регулювання по висоті, при цьому забезпечується її кріплення до базової плити шляхом застосування гвинтової пари. За допомогою зазначеного штатива, до поверхні контрольованої першої корінної шийки підводиться ніжка індикатора часового типу ІЧ. При цьому необхідно знайти екстремальну точку на шийці КВ, зміщуючи індикатор ІЧ в горизонтальній площині КВ. Встановивши дану точку виставляємо рухому шкалу індикатора ІЧ на «0». Далі, зберігаючи принцип єдності баз, слід змістити штатив з індикатором ІЧ до крайньої корінної шийки КВ та підвезти контрольну ніжку індикатора ІЧ до її поверхні. Знову слід знайти екстремальну точку. Необхідно базувати КВ опорними поверхнями крайніх корінних шийок стосовно паралельної площини повірочної плити, шляхом переміщення застосованої призми. При цьому стрілка індикатора часового типу повинна знаходитися на рині зазначеної точки «0».

Далі проводимо технологічні виміри відхилення що до паралельності поверхонь, для твірних шатунних шийок КВ, взятих по відношенню до поверхонь крайніх корінних шийок, шляхом визначення різниці свідчень індикатора ІЧ, котрі фіксуються в крайніх точках на поверхнях шатунних

шийок досліджуваного КВ.

Після цього КВ базуємо так, щоб розташувати площину 1-го кривошипа КВ паралельно площині застосованої перевірконої плити. Для здійснення цього необхідно до 1-ї корінній шийки КВ встановити ніжку індикатора ІЧ, розташувавши між підставою штатива та перевірконою плитою плоско паралельну кінцеву міру довжини, котра становить половині різниці діаметрів корінних і шатунних шийок даного КВ. Знайшовши необхідну екстремальну крапку на шийці КВ, встановлюють рухому шкалу індикатора ІЧ на «0». Після цього прибирають застосовану кінцеву міру довжини, а штатив встановлюють навпроти 1-й шатунної шийки КВ і встановлюють ніжку індикатора ІЧ на її базову поверхню. Знову визначаємо екстремальну точку. Прокручуючи КВ, встановлюємо його площиною 1-го кривошипа КВ паралельно площині перевірконої плити. Стрілка індикатора при цьому повинна бути зафіксована навпроти позначки «0» (рис. 3.2, 3.3). При цьому КВ фіксується для запобігання осьового повертання в необхідному положенні. Це забезпечується наявністю гальма на одному з роликів призми під першою шийкою КВ. Ця операція необхідна при контролі кутових параметрів на роликівих призмах. В разі застосування стандартних призм згідно ГОСТ 5641-82, дану операцію проводити недоцільно.

В разі встановлення ніжки індикатора ІЧ до шатунної шийки КВ розмір кінцевої міри має забезпечувати свідчення індикатора в межах його параметрів вимірювання. В даному випадку стрілка індикатора ІЧ при регулюванні розглянутого кутового положення КВ має розташовуватись проти значення, котре відповідає алгебраїчній різниці розмірів кінцевої міри, корінних і шатунних шийок даного КВ. Якщо відмінність діаметрів корінних і шатунних шийок КВ не значна, то кінцеву міру для контролю можна не застосовувати.

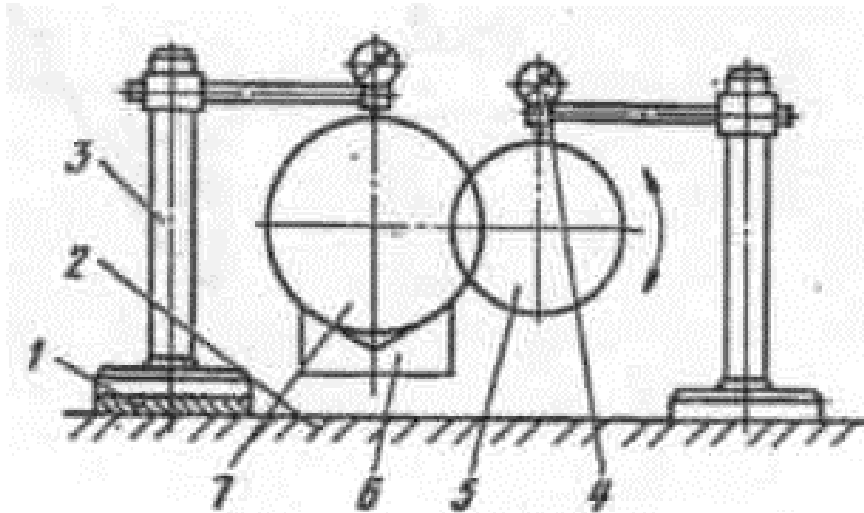


Рисунок 3.2 – Загальна компоновка установки КВ основною площиною 1-й корінною і 1-й шатунною шийками КВ паралельно перевірочній плиті: 1 – плоско паралельна пластина; 2 - перевірочна плита; 3 – стандартний штатив ШМ-Ш; 4- індикатор часового типу; 5 - друга шатунна шийка; 6 - роликова призма; 7- перша корінна шийка.

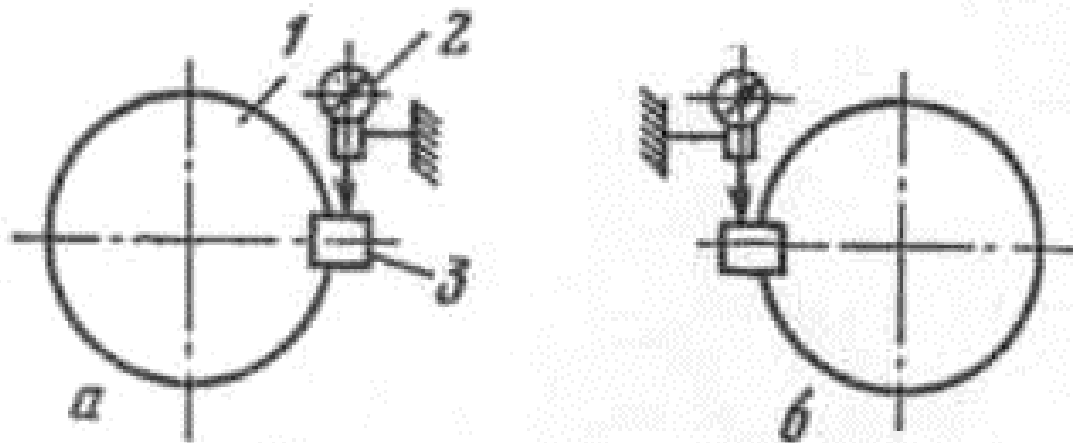


Рисунок 3.3 – Процес контроль кутового відхилення шпонкового, від площини 1-го кривошипа КВ : а - налаштування індикатора ІЧ; б – процес вимірювання; 1 - хвостовик КВ; 2 – індикатор ІЧ; 3 - шпонка.

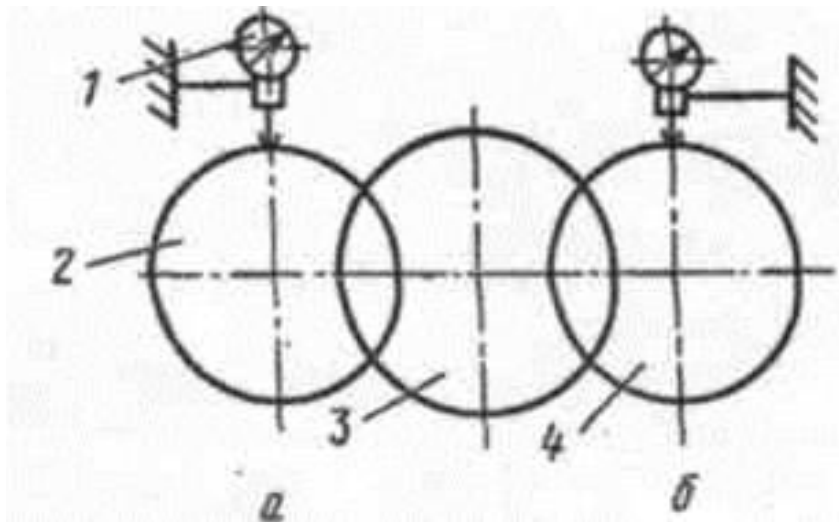


Рисунок 3.4 – Схема контролю кутового розміщення шатунних шийок КВ: а – процес замірювання; б - налаштування індикатора ІЧ; 1 - індикатор ІЧ; 2 - друга шатунна шийка КВ; 3 - корінна шийка КВ ; 4 - перша шатунна шийка КВ.

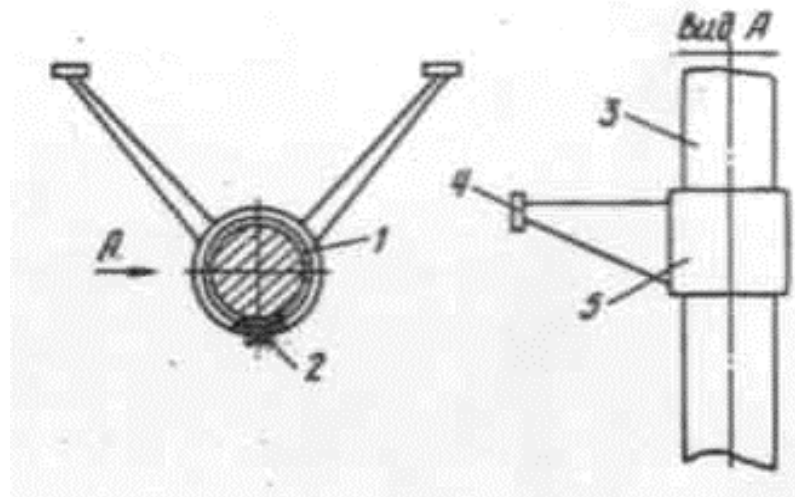


Рисунок 3.5 – Конструкція контрольного кронштейна: 1 - втулка розрізна; 2 – гвинт затискний; 3 - вал штатива; 4 – контрольна лапка; 5 – рухомий корпус.

Для здійснення контроль кутового відхилення осі шпонкового паза від площини першого кривошипа КВ, необхідно встановити шпонку в паз і розмістити на її робочій поверхні ніжку індикатора ІЧ, котрий базується на штативі.

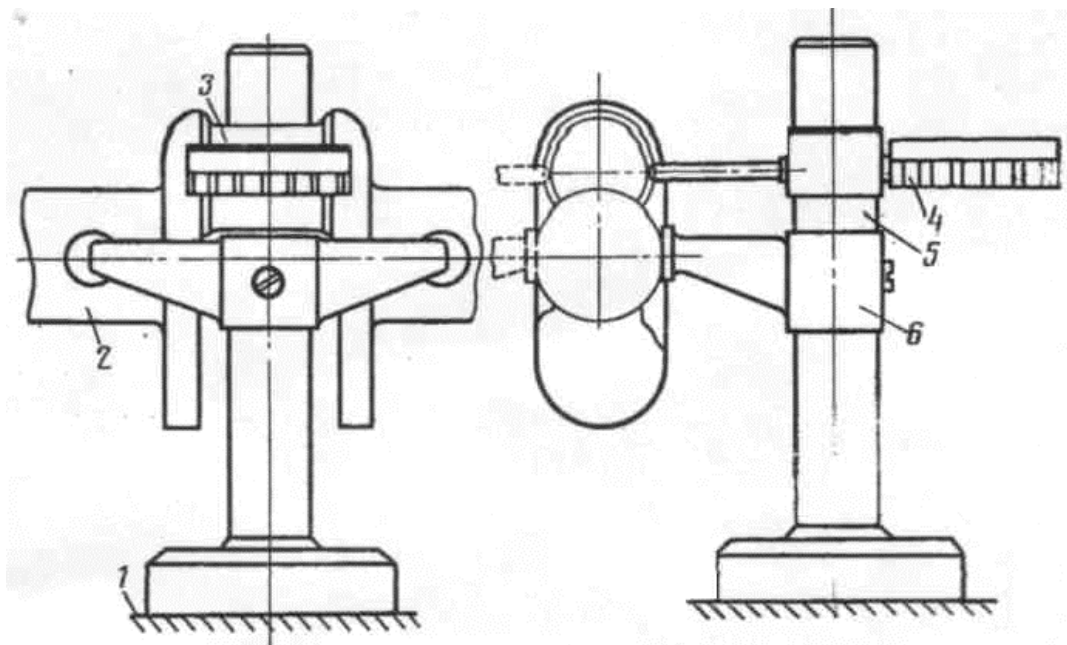


Рисунок 3.6 – Процедура контролю кутового розташування проміжних шатунних шийок КВ: 1 – контрольна плита; 2 - корінна шийка КВ; 3 – шатунна шийка КВ; 4 - індикатор ІЧ; 5 – стандартний штатив ШМ-Ш; 6 – контрольний кронштейн.

Виставивши шкалу індикатора ІЧ на «0» і не порушуючи налаштування індикатора ІЧ, прибираємо штатив. КВ повертаємо на 180° та підводимо до поверхні шпонки ніжку індикатора ІЧ (рис. 3.5). При цьому індикатор ІЧ покаже величину кутового відхилення вісі паза шпонки, від площини першого кривошипа в мм. При необхідності розрахунок в кутові величини проводимо з застосуванням формули:

$$tq\alpha = P_{in} / 2D,$$

(3.1)

де α - кутове відхилення вісі паза шпонки від площини першого кривошипа КВ; P_{in} - показчики індикатора ІЧ, мм; D - діаметр хвостовика КВ, мм.

В разі контролю кутових відхилень площин другого, третього і четвертого кривошипів КВ для чотирициліндрового двигуна, КВ встановлюють площиною першого кривошипа паралельно площини контрольної плити, згідно зазначеного на рисунку. Після цього до першої шатунної шийки КВ слід підвести ніжку індикатора ІЧ на штативі і знайти .

екстремальну точку. Рухому шкалу індикатора слід встановити на «0». Далі, не порушуючи базування, не міняючи настройки індикатора ІЧ і не змінюючи положення валу, штатив почергово переміщають до другої, третьої та четвертої шийок КВ. Згідно розташування екстремальних точок, визначаємо свідчення з індикатора ІЧ (рис. 3.6) та перераховуємо в кутові параметри згідно формули:

$$tq\beta = \Pi_{in} / R_{кр},$$

(3.2)

де β - кутове відхилення площини контрольованого кривошипа КВ від площини першого кривошипа ; Π_{in} - свідчення індикатора ІЧ, мм; $R_{кр}$ - радіус контрольованого кривошипа КВ, мм.

Згідно пропонованої методики можна контролювати кутові відхилення площин крайніх кривошипів КВ від площини першого кривошипа для валів шести, восьми та дванадцяти циліндрових двигунів внутрішнього згорання.

В разі контролю кутового розташування проміжних шатунних шийок КВ восьми циліндрового двигуна, необхідно застосувати розроблений контрольний кронштейн (рис. 3.7), що кріпиться на валу штатива. КВ розташовують площиною першого кривошипа КВ паралельно контрольній плиті. Відповідно при такому положенні друга шатунна шийка КВ буде розташовуватись в нижньому положенні, а третя шийка КВ - у верхньому положенні. До третьої шийки слід підвести штатив з індикатором ІЧ та кронштейном, при цьому причому лапки контрольного кронштейна слід уперти в сусідні корінні шийки КВ, а ніжку індикатора ІЧ - в третю шатунну шийку. Переміщуючи індикатор ІЧ у вертикальній площині знаходимо екстремальну крапку та переводимо рухому шкалу індикатора ІЧ на «О». Потім, не порушуючи налаштування та не міняючи кутового положення КВ, штатив розміщують з протилежної сторони третьої шатунної шийки КВ, при цьому лапки контрольного кронштейна повинні упиратися в сусідні корінні

шийки) (рис. 3.5). Зафіксувавши показники індикатора ІЧ розраховуємо їх в кутові величини по формулі:

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{P_{in}}{2R_{кр}}$$

(3.3)

Контроль кутового розташування другої шатунної шийки КВ, його слід повернути на 180° та повторити операції, котрі застосовувались при контролі кутового розташування третьої шатунної шийки КВ.

Разом з тим слід зазначити, що контроль кутового розташування проміжних шатунних шийок КВ шести та дванадцяти циліндрових двигунів з використанням тільки універсальних засобів контролю неможливий.

Застосування пропонованої методології контролю просторового положення КВ ремонтному виробництві дозволяє підвищити якість ремонту автотракторних двигунів з збільшенням ресурсу після ремонтних дій.

3.1. Розробка теоретичних математичних моделей процесу виправлення карбуванням

3.1.1. Моделювання процесу правки просторового положення КВ як результату впровадження сферичного індентора в пружно-пластичне тіло

Виправлення просторового положення прямих і КВ шляхом поверхнево-пластичної деформації відбувається при реалізації ідеї нерівномірної поверхневої пластичної деформації на поверхнях валу: з увігнутого боку вплив реалізується інтенсивніше, з опуклого здебільшого відсутній. Відповідно це сприяє тому, що на увігнутій стороні КВ формується невідновлена залишкова напруження стиснення, котра проводить вигин КВ в напрямі, який є протилежним що до первинного прогину.

В процесі дослідження виправлення просторового положення моделювали як впровадження сферичного індентора в пружно-пластичне тіло навколо якого формується зона інтенсивної пластичної деформації А (рис. 3.8.).

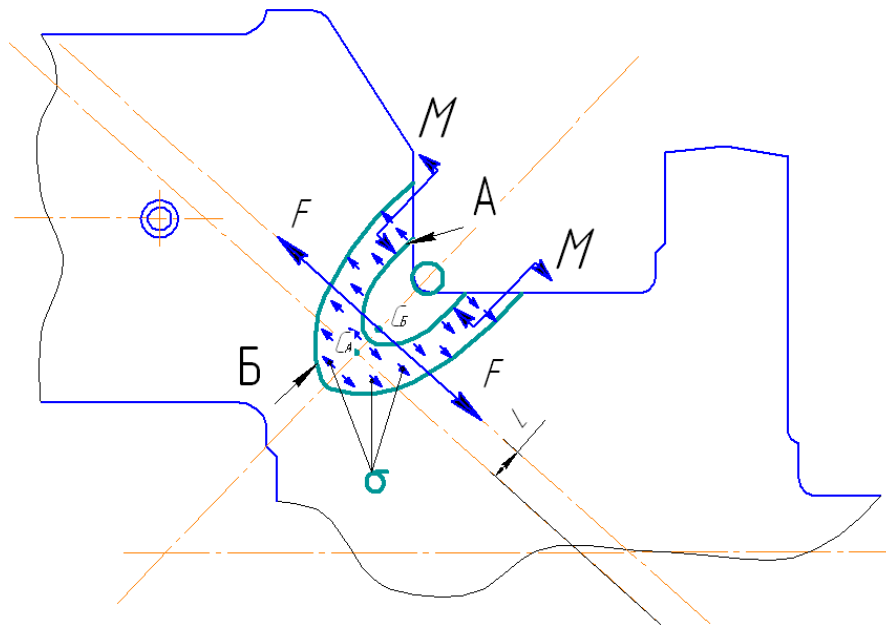


Рисунок 3.8 – Схематичне розташування сил та моментів сил при проникненні сферичного індентора в пружно-пластичне тіло

При впровадженні сферичного індентора в пружно-пластичне тіло відбувається пластична деформація, котра супроводжується лавиноподібним утворенням різноманітних дислокацій і точкових дефектів. При цьому у недеформованих вуглецевих сталях, котрі піддалися відпалу, значення середньої щільності різноманітних дислокацій складає близько $10^6 - 10^8 \text{ см}^{-2}$ [2]. А після поверхневої пластичної деформації кількість дислокацій в шарі, котрий піддавався деформації зростає на декілька порядків [2]. Процеси зростання щільності дислокацій, підвищення концентрації точкових дефектів та вакансій викликає зменшення щільності і збільшення об'єму пластично деформованого металу (до декількох десятих долей відсотка [3, 4]).

При цьому щільність металу в зоні A зменшується, а об'єм збільшується і метал в зоні A намагається збільшити свої лінійні розміри і при цьому згинає вал опуклою стороною догори. Відповідно і шари металу, що розташовані нижче і не піддалися впливу поверхнево-пластичній деформації, згинаються і прагнуть повернути валу початкове просторове положення. Як наслідок в зоні A та біля неї, тобто у зоні Б, формується залишкова напруження стиснення. Чим глибше упроваджено сферичний індентор,

тим більшою стає зона збільшеної пластичної деформації А, а також збільшується величина пружного вигину вала та зона розповсюдження Б і величина залишкової напруги стиснення. При цьому сумарні напруги стиснення σ в зоні створюють силу F, котра прикладена до центру тяжіння C_B зони Б. Центр тяжіння зони Б лежить вище за центр тяжіння поперечного перетину стрижня C_n , тому виникає так званий нецентровий розтяг стрижня. При цьому стрижень випробовує подовжнє розтягування силами F і чистий вигин моментом M, який і згинає стрижень опуклістю вгору (рис. 3.8).

Дякуючи цьому виникає можливість розрахувати момент згину M, котрий виникає в зоні Б, і величину прогину вала.

Для розрахунку величини моменту M, що виникає при нанесенні одного пластичного відбитку згідно рис. 3.8. можна застосувати формулу:

$$M = F \cdot L_F, \quad (3.4)$$

де F – сила, що створюється сумарним впливом дії залишкової напруги стиснення в зоні Н яка розраховується:

$$F = \sigma \cdot P \quad (3.5)$$

де σ – Р це значення середня величина залишкової напруги стиснення в зоні Б; F – площа зони Н у вертикальному перерізі, яка проходить через центр сфери сферичного індентора і перпендикулярна площині, згідно рис. 3.8; L_F – плече дії сили F, що відповідає відстані від центру тяжкості C_A зони Н до центру тяжіння C_B поперечного перерізу вала.

3.1.2. Розробка математичної моделі залежності прогину КВ від кількості ударів при правці карбуванням

При здійсненні правки карбуванням галтелі 2 на рис. 3.9 щока КВ зігнеться опуклістю управо. Разом з тим в результаті цієї операції нижній кінець щоки КВ разом з корінною шийкою займе нове просторове положення II, при цьому геометрична форма КВ зміниться.

Відповідно коли обробляти аналогічним методом ліву поверхню щоки КВ згідно рис. 3.9, то щока згинатиметься опуклістю вліво. Тобто, буде проходити процес зміни просторового положення КВ в площині кривошипа, галтелі щоки якого піддається карбуванню. При цьому існує можливість підібрати такі режими карбування, щоб повністю компенсувати прогин щоки від впливу на галтель 2.

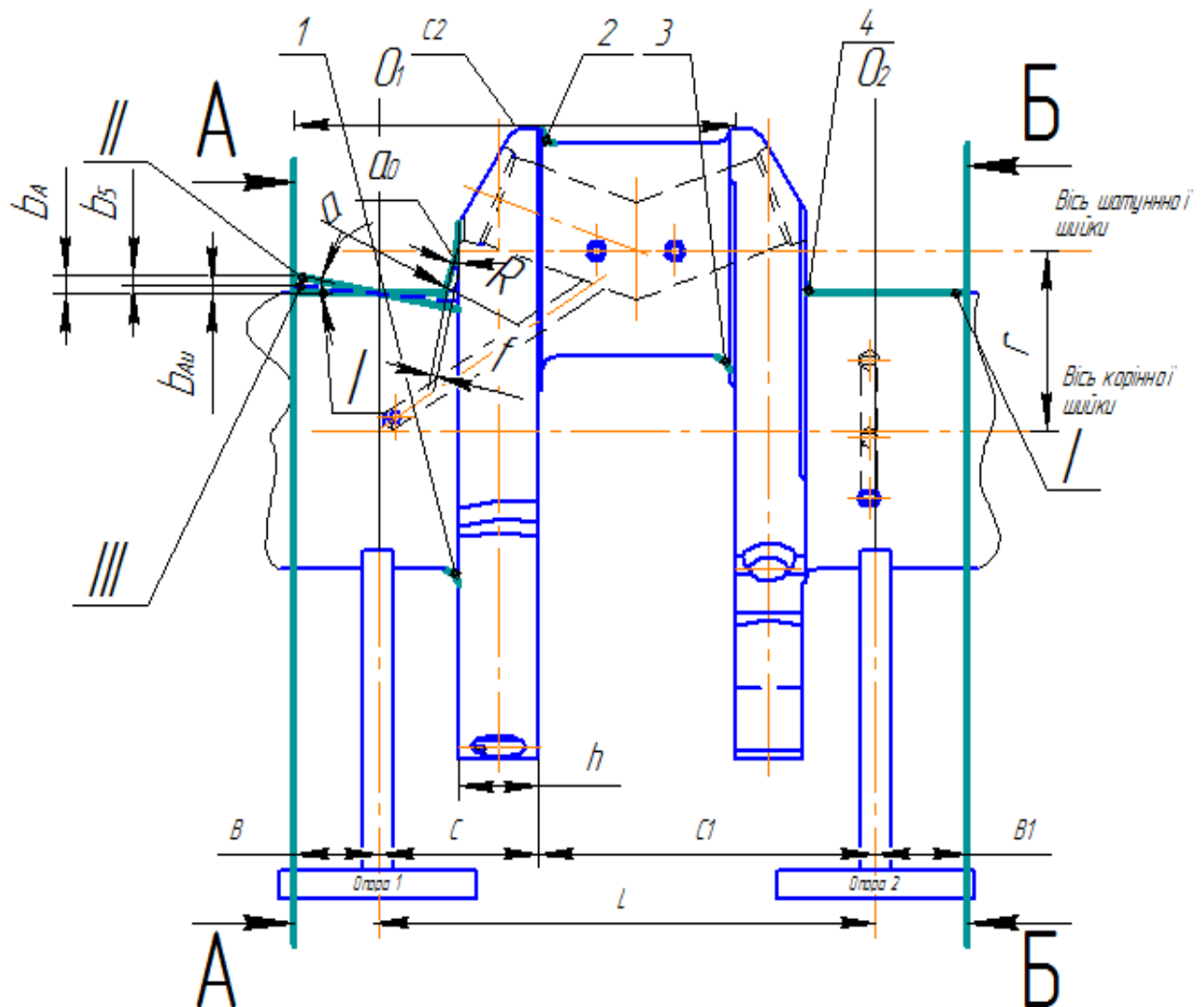


Рисунок 3.9 – КВ з галтеллю, котра піддавалась корекції просторового положення карбуванням: L – відстань між опорами (базова довжина); r – радіус кривошипу КВ (відстань між осями КШ та ШШ), I – положення шийок КВ до початку карбування; II – положення поверхні шийок КВ після карбування по індикатору ІЧ; III – фактичне зміщення вала; b – відстань від опори O_1 до перерізу А-А, в котрому вимірюється величина прогину; b_A –

величина прогину KB у перерізі А-А, c – відстань від галтелі 2, що піддається ППД до лівої опори O_1 , α - кут повороту КШ, що відповідає величині прогину b_A ; R - радіус сфери, за якою згинається щок при корекції просторового положення; f - величина прогину щок з наклепаною галтеллю.

Необхідно підібрати місце карбування щік KB відповідно до необхідного напрямку корекції просторового положення. Цей принцип практично складно, а іноді взагалі неможливо здійснити при традиційній правці на пресі і досить просто реалізувати при обробці галтелей щік карбуванням.

Для визначення залежності прогину KB від кількості ударів при карбуванні згідно рис 3.9 визначимо величину прогину δ_{Au}

З рис. 3.9 маємо:

$$\delta_{Au} = \delta_A - \delta_5 \quad (3.6)$$

Так як

$$\delta_A = \alpha \cdot (b + c)$$

$$\delta_5 = \alpha_2 \cdot (b + L),$$

то вираз (3.6) матиме вигляд:

$$\delta_{Au} = \alpha \cdot (b + c) - \alpha_2 \cdot (b + L) \quad (3.7)$$

Кут α визначимо з формули:

$$\alpha = \frac{r}{R}$$

Для кульового сегмента існує відома залежність [12]

$$r = 2\sqrt{2fR - f^2}$$

Через малу величину f її квадрат можна в подальшому не враховувати, звідси

$$R = \frac{r^2}{6f}$$

Враховуючи, що:

$$\alpha = \frac{8f}{r} \quad (3.8)$$

Кут α_2 знаходимо з рис. 3.6:

$$\alpha_2 = \frac{m}{L} \quad (3.9)$$

Величину «m» можна представити в вигляді:

$$m = c \cdot \alpha = \frac{8cf}{r} \quad (3.10)$$

Тоді з урахуванням (3.9) і (3.10) запишемо вираз (3.8) в вигляді:

$$\alpha_2 = \frac{8cf}{r \cdot L} \quad (3.11)$$

Ввівши в рівняння (3.7) дійсні значення кутів α а і α_2 які отримані з виразів (3.9) і (3.11) та виконавши необхідні перетворення, маємо вираз:

$$\delta_{Au} = 8f \cdot \frac{b}{r} \cdot \frac{(L-c)}{L} \quad (3.12)$$

Величину стріли прогину КВ f як пластини, котра піддається обробці в закріпленому стані можна розрахувати за формулою [13]

$$f = \frac{3}{4} \cdot \frac{(1-\nu)}{E \cdot h^2} \cdot \sigma \cdot \delta \quad (3.13)$$

Вставивши в рівняння (3.12) дійсне значення прогину КВ f а також значення коефіцієнта ψ , отримаємо для закріпленого КВ:

$$\delta_{Au} = 6 \cdot \frac{(1-\nu)}{E} \cdot \frac{r}{h^2} \cdot \frac{b(L-c)}{L} \sigma \cdot \delta_\sigma \cdot \psi \quad (3.14)$$

Повна величина прогину δ_A , що дорівнює $\delta_A = \alpha \cdot (b+c)$, з урахуванням (3.11) і (3.13) буде рівною:

$$\delta_{Au} = \frac{6 \cdot (1 - \nu)}{E} \cdot \frac{r}{h^2} \cdot (b + c) \cdot \sigma \cdot \delta_{\sigma} \quad (3.10)$$

Глибину залягання залишкових напружень можна визначити з відомого виразу [13]

$$\delta_{\sigma} = K_1 \cdot \frac{D_1 \cdot v \cdot \sin \alpha_a}{\sqrt{H}}, \quad (3.11)$$

де K_1 -коефіцієнт, який залежить від питомої ваги дробини; D_1 - діаметр сегменту в мм; M - швидкість дробини, м/сек; α_a – кут атаки дробини, град; H - динамічна твердість металу, котрий піддається обробці.

При здійсненні обробки конструкційних та низьколегованих сталей середньої твердості ($HB = 1100 - 2100$) карбуванням для розрахунків можна прийняти [14]:

$$H = 1,7HB$$

Середня величина залишкових напружень в наклепаному шарі при обробці згідно [13]:

$$\sigma = K_2 H$$

де K_2 – коефіцієнт пропорційності.

З урахуванням (3.10) та (3.11) формула (3.9) матиме вигляд:

$$\delta_{Au} = K_3 \cdot \frac{\sqrt{HB} \cdot (1 - \nu)}{E} \cdot \frac{r}{h^2} \cdot \frac{b \cdot (L + c)}{L} \cdot D_1 \cdot v \sin \alpha_a \quad (3.12)$$

$$K_3 = 6 \cdot \sqrt{1,7} \cdot K_1 \cdot K_2$$

де
З урахуванням особливостей процесу карбування та провівши перетворення:

$$\delta_{Au} = K \cdot \frac{HB^{0,75} (1540 - HB) \cdot (1 - \nu)}{E} \cdot \frac{r}{h^2} \cdot \frac{b \cdot (L + c)}{L} \cdot E^{0,25} \cdot D^{0,25} z \quad (3.13)$$

де δ – величина виправлення вала, мм;

K - коефіцієнт пластичності, для сталейних валів $= 0,11$;

HB - число твердості по Бринелю,

ν - коефіцієнт Пуассона;

E - модуль пружності матеріала;

r, h, b, L - параметри KB;

C - відстань від опори до шийки що обробляється;

D - діаметр сферичної головки індентора, мм;

E - енергія одиничного удару;

z - число ударів

3.3. Висновки з проведеного теоретичного дослідження

Описаний спосіб виправлення має наступні переваги:

1. За допомогою цього метода можна здійснювати просторову корекцію прямих і KB і колінчасті вали будь-яких форм і розмірів, оскільки галтелі є неминучим конструктивним елементом валів.

2. Галтелі є вільними поверхнями, які не стикаються з поверхнями деталей, зв'язаних з валом. Тому зміна шорсткості, поверхневій твердості, макро геометрія всій галтелі або її сектори, обробленого карбуванням, ніяк не позначається на взаємопов'язаній деталі.

3. Галтелі є сильними концентраторами напруги і істотно знижують опір втомі KB. При повній або секторіальній обробці галтелів карбуванням опір втомі KB в перетині обробленої галтелі зростає.

4. Геометрична форма KB після просторової корекції вельми стабільна і не змінюється ні при тривалій витримці, ні при роботі під 100%-ним навантаженням.

5. При використанні способу просторової корекції KB, коли обробляється сектор галтелі з боку угнутості валу з постійним силовим чинником, реалізація способу гранично проста. На практиці її зазвичай здійснюють карбуванням здебільшого з допомогою бойка і молотка – секторіальне карбування галтелі.

6. Вал правиться в тих перетинах, де це необхідно (адресна правка).

Експериментальні дослідження і досвід застосування цього способу виправлення в КАТП «Агробудавтосервіс» показали, що правка КВ шляхом секторіального карбування галтелей здійснюється з вельми високою точністю (до 5.10 мкм) і тому є прецизійною.

Максимальна величина виправлення КВ складає до 0,5-1% від їх довжини і практично складає до 2 мм.

7. Розроблено стенд для механічного виправлення просторової геометрії КВ, що надає можливість скоротити час на операцію, механізувати процес карбування, усунувши копітку ручну працю при правці. При цьому проведені теоретичні дослідження дозволяють визначити час силового впливу при здійсненні просторової корекції КВ карбуванням механічним способом.

РОЗДІЛ 4

ОБґРУНТУВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

4.1. Розробка методологічних рекомендацій для вибору секторальних зон виправлення при різних видах прогину

Сутність виправлення динамічним вантаженням (карбуванням) полягає в завданні частих, але несильних ударів пневматичним молотком із закругленим бойком або закріпленим на кінці бойка кулькою, підданою гарту, а також ручним молотком з сферичним бойком по увігнутій стороні деталі. У місці максимального прогину під вал ставлять металеву опору з прокладкою з твердого дерева або мідь. Кінець валу, найближчий до місця вигину, закріплюють в хомуті так, щоб маса консолі сприяла подовженню увігнутої частини валу. Потім ділянку валу над опорою піддають чеканці по дузі кола біля 120° . При цьому стислі елементи валу лунають і подовжуються, а вал випрямляється. Значення, на яке опускається кінець валу, контролюють індикатором.

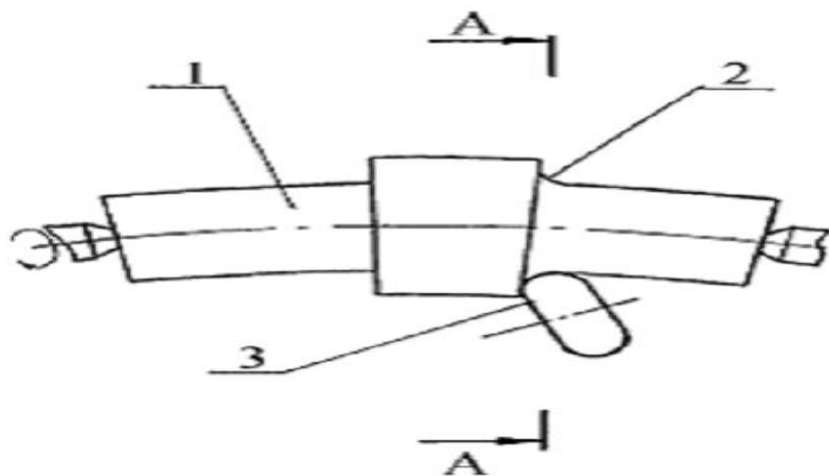
Цей метод найуспішніше слід застосовувати для виправлення валів двигунів з рядним розташуванням циліндрів, що мають аварійні прогини до 0,75 мм (биття 1,5 мм). Зниження втомної міцності не спостерігається, зберігається висока стабільність форми деталі в експлуатації.

В дослідженнях, експериментах та технологічних рекомендаціях застосовувався пристрій для відновлення просторового положення КВ з пневматичним карбувальником для забезпечення механізації трудомісткого процесу правки. Перед карбуванням у валу визначають місце і напрям найбільшого вигину, після чого його встановлюють на призми максимальним прогином вниз.

В тому випадку коли спостерігається наявність максимального биття в зоні третьої корінної шийки в площині кривошипа, то проводиться карбування галтелів першої і другої шийок з забезпеченням перекриття корінної і шатунної шийок на дузі $40...50^\circ$. Після чого проводять контроль биття валу. Якщо значення биття вище допустимого, то необхідно: карбувати галтелі третьої і четвертої шийок; контроль биття; карбувати галтелі п'ятої і шостої шийок. При битті КВ більше 0,8 мм карбування проводять неодноразово у вказаній послідовності.

Коли максимальний прогин знаходиться в площині, перпендикулярній кривошипам, правку валу здійснюють карбуванням двох симетрично розташованих галтелів щодо шийки, що випрямляється. Ділянка карбування розташовується під кутом 45° до площини кривошипа.

Найбільшого поширення набув універсальний спосіб виправлення і прямих, і КВ шляхом нерівномірної обробки галтелів карбуванням (рис. 4.1). Валу 1 повідомляють обертання, до оброблюваної галтелі 2 підводять інструмент 3 (ролик, кулька, індентор карбувального пристрою. Процес карбування здійснюється змінним силовим чинником: силою накочення, енергією удару індентора при карбуванні і тому подібне. Коли інструмент 3 знаходиться з боку угнутості валу 1 (сектор $135 - 180 - 225$) силовий чинник збільшують до максимуму, в секторі $315 - 0 - 45$ його мінімізують.



А-А
Варіант 1

А-А

Варіант 2

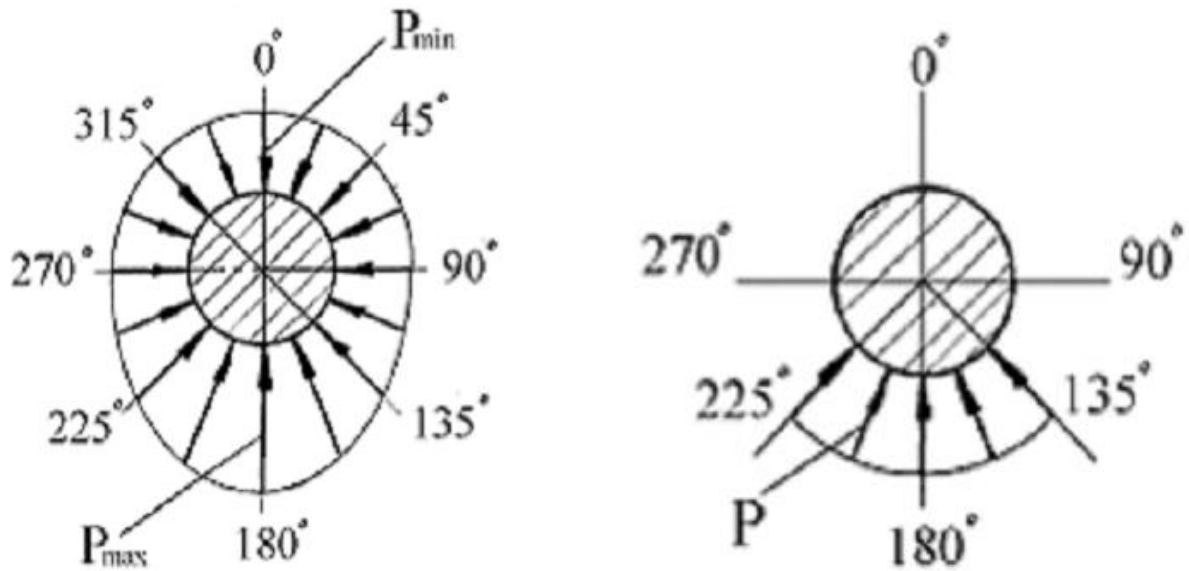


Рисунок 4.1 - Технологічна схема виправлення просторової орієнтації КВ шляхом нерівномірного (варіант 1) і секторіального (варіант 2) способів карбування

Таким чином, в секторі галтелі, розташованому на увігнутій стороні валу, протікає інтенсивніша пластична деформація, створюється залишкова напруга стиснення більшої величини. У зв'язку з цим одночасно з карбуванням протікає процес виправлення валу в площині його первинного прогину. Вектор виправлення розташований в площині $0-180^\circ$ і направлений у бік 180° .

Різницю в режимах карбування з увігнутої і опуклої сторін валу підбирають так, щоб відповідна різниця в ступені пластичної деформації забезпечувала необхідну величину виправлення валу.

У окремому випадку (2-й варіант на рис. 4.3) обробляють галтель валу не по всьому колу, а частково той сектор галтелі, який розташований з боку угнутості валу 1 (сектор $90^\circ - 180^\circ - 270^\circ$ або $135^\circ - 180^\circ - 225^\circ$). В цьому випадку обробку сектора галтелі ведуть з постійним режимом (силою накочення або енергією удару індентора). Частина галтелі залишається необробленою карбуванням. Проте, це не має значення, оскільки галтель є вільною поверхнею, не дотичною з поверхнею зв'язаної деталі.

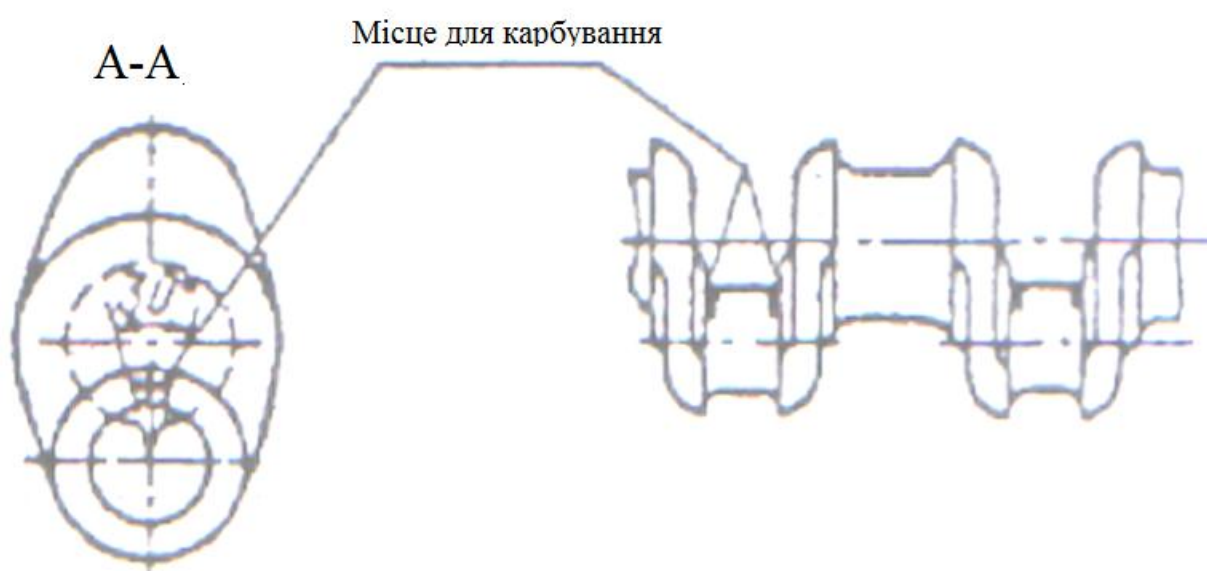
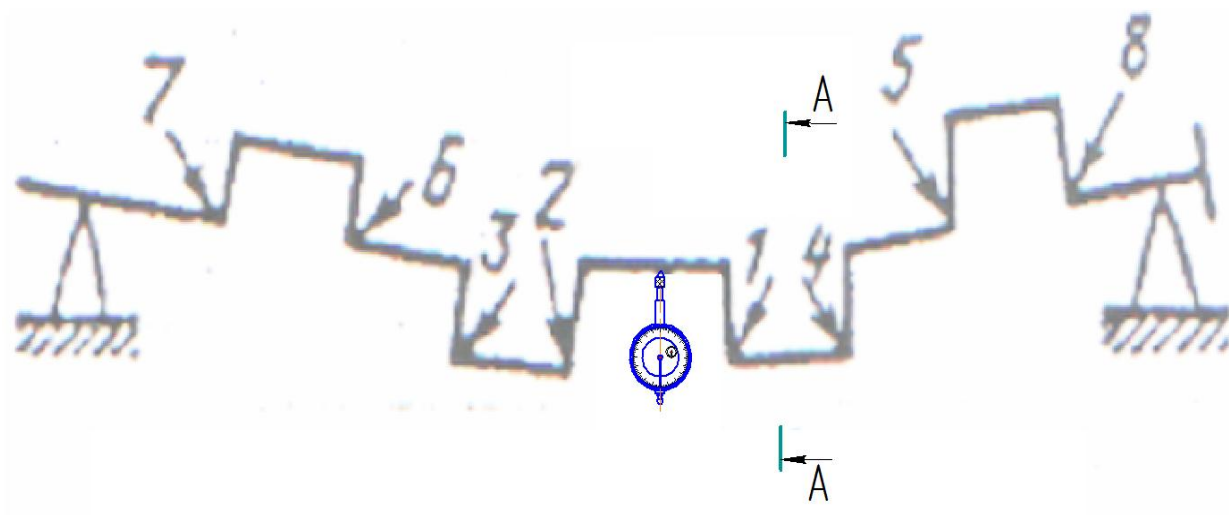
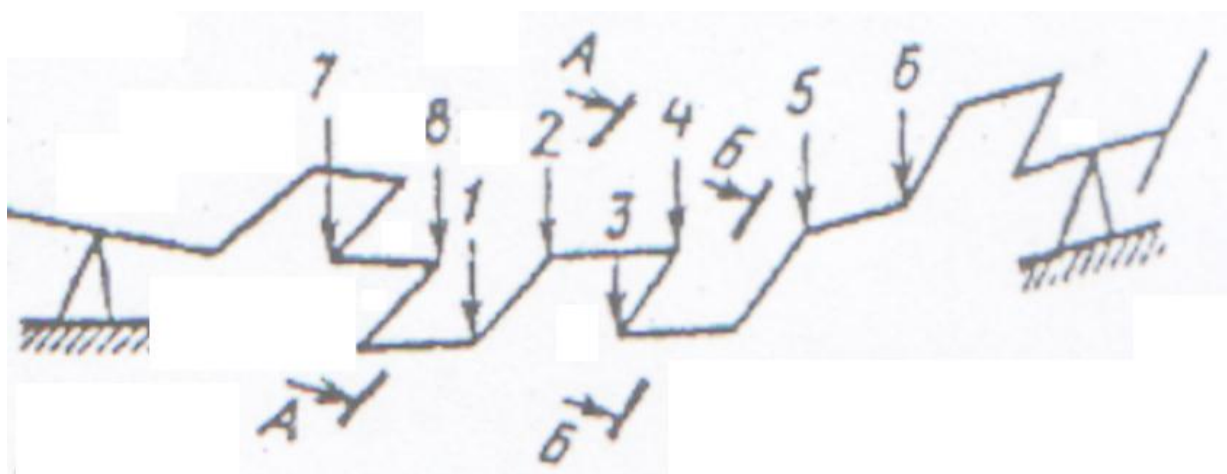


Рисунок 4.2 – Технологічна схема виправлення просторової орієнтації КВ шляхом карбування при наявності биття в площині кривошипу; 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 – зони карбування.



A-A

B-B

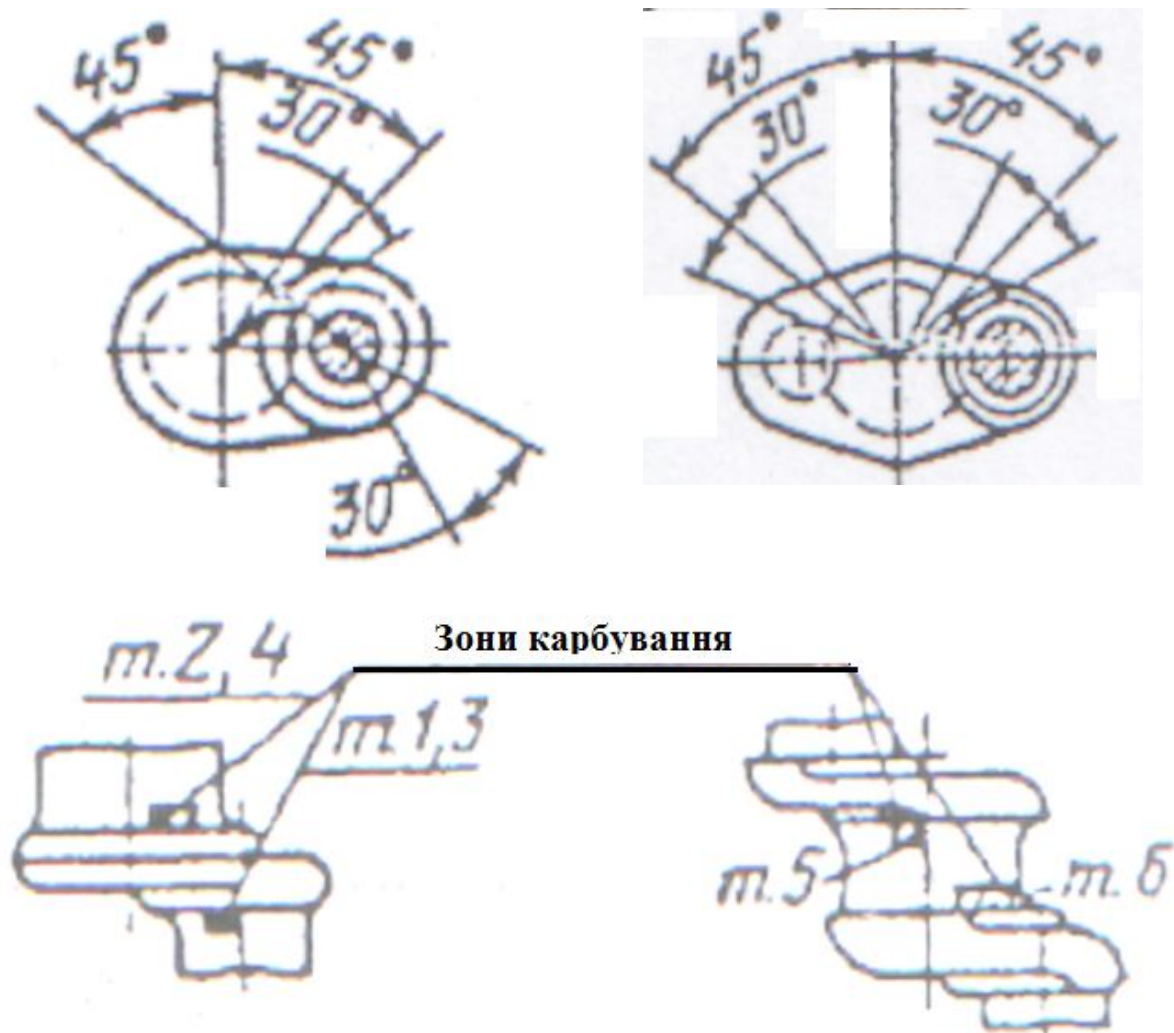


Рисунок 4.3 - Технологічна схема виправлення просторової орієнтації КВ шляхом карбування в площині котра перпендикулярна площині кривошипу; 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 – зони карбування.

ВИСНОВКИ

Розроблені основні положення теорії виправлення КВ за допомогою карбування, що включають механізм виправлення валів карбуванням з розрахунком величини прогину (величини виправлення) валів для різних випадків взаємного розташування опор валу, розташування пластичних відбитків і перерізів, де проводиться вимірювання величини виправлення.

Розроблено методику розрахунку величини виправлення шляхом створення залишкових стискаючих напруг.

Розроблено основні способи, механізми та пристрої для виправлення валів карбуванням.

Експериментально доведено, що способи виправлення просторового положення КВ шляхом карбування прості в реалізації, забезпечують високу точність виправлення (до 0,01-0,02 мм) та стабільну геометричну форму валів, яка не змінюється ні при тривалому вилежуванні, ні при роботі під 100% навантаженням. Величина виправлення КВ становить від 0,03 до 0,25% від довжини валу та сягає 1-2 мм. Опір втоми валів при цьому збільшується.

Отримано розрахунково-аналітичні залежності для розрахунку згинального моменту при правці валів за допомогою карбування, для розрахунку величини виправлення в залежності від різних варіантів взаємного розташування опор валу, пластичних відбитків та перерізу, де проводиться вимірювання величини виправлення, а також залежність величини виправлення від режиму карбування. Розбіжність розрахункових і фактичних величин (виправлення) КВ становить трохи більше 20-25%.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Форнальчик Є.Ю., Олісевич М.С., Мاستикаш ОЛ., Пельо Р.А. Технічна експлуатація та надійність автомобілів: Навчальний посібник. – Львів: Афіша, 2004.-492 с.
2. Канарчук В.Є., Лудченко О.А., Чигиринець А.Д. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів: Підручник. – К.: Вища шк., 1994. – (У 3-х кн.): Кн. 1: Теоретичні основи: Технологія. – 342 с; Кн. 2: Організація, планування і управління. – 383 с; Кн. 3: Ремонт автотранспортних засобів. – 599 с.
3. Rahnejat H. Tribology and Dynamics of Engine and Powertrain: Fundamentals, Applications and Future Trends. Woodhead Publishing, 2010. XXX, 1018 p.
4. Сандомирський М.Г. Трактори та автомобілі. Ч.1. Автотракторні двигуни // Навчальний посібник / М.Г. Сандомирський, М.Ф. Бойко, А.Т. Лебедев– К.: Вища школа, 2000. – 357с.
5. Маркович С. І. Експлуатація та ремонт двигунів внутрішнього згоряння : навч. посіб. / С. І. Маркович, О. В. Бевз ; Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. - Кропивницький : ЦНТУ, 2022. - 334 с.
6. Ionsson R. Richten warmebehandelter Werkstüicke. II HTM: Harter. - techn. Mitt.- 1998.-53, №1.-5-8.
7. Verbesserung der Teclmologie der Werkstuckverfestigung durch plastische Oberflächenverformung I Belkin L. M. etc. II Maschinenbautechnik. - 1989. -38, №12.
8. Сандомирський М.Г. Трактори та автомобілі. Ч.1. Автотракторні двигуни // Навчальний посібник / М.Г. Сандомирський, М.Ф. Бойко, А.Т. Лебедев– К.: Вища школа, 2000. – 357с.
9. Сахно В. П. Експлуатаційні властивості автомобілів / В. П. Сахно. – К.: Видавництво “КВІЦ”, 2006. – 174 с.
10. Клімов С.В. Організація технічного сервісу машин: Навчальний посібник, – Рівне: НУВГП, 2011 – 120 с.

11. Технічний сервіс в АПК : навчально-методичний комплекс / С.М. Грушецький, І.М. Бендера, О.В. Козаченко та ін. За ред. С.М. Грушецького, І.М. Бендери. – Кам'янець-Подільський: ФОП Сисин Я.І., 2014. – 680 с.
12. Варнаков В.В. и др. Технический сервис машин сельскохозяйственного назначения / В.В. Варнаков, В.В. Стрельцов, В.Н. Попов, В.Ф. Карпенков. – М.: КолосС, 2004. – 253 с.
13. Вознюк Л.Ф. та ін. Технічне обслуговування і діагностування с.-г. машин. К.: Урожай, 1994.
14. Вознюк Л.Ф. Іщенко В.В., Михайлович Я.М. та ін. Технічне обслуговування і діагностування сільськогосподарських машин. - К.: Урожай, 1994. -216 с.
15. Лауш П.В., Василенко І.Ф., Лесюк Т.П., Дьомін О.А., Чабанний В.Я., Лауш Н.П., Орищенко С.Б., Кухаренко В.С., Лауш С.Г. Технічне обслуговування та ремонт сільськогосподарської техніки: Підручник. В 2-х ч. /За ред. П.В.Лауша та І.Ф.Василенка. - Кіровоград: ПОЛІМЕД-Сервіс, 2007. - Ч.І, 461 с.; Ч.ІІ, 444 с.
16. І.І. Агулов, Л.Ф. Вознюк, О.В. Левчій. Довідник по технічному обслуговуванню сільськогосподарських машин - К. : Урожай, 1989. - 256с.
17. Довідник сільського інженера. В.Д.Гречкосій, О.М.Погорілець, І.І.Ревенко, В.С.Колісник та ін.- К.: Урожай, 1988. - 360 с