

Хмельницький національний університет  
Факультет інженерії, транспорту та архітектури  
Кафедра трибології, автомобілів та матеріалознавства

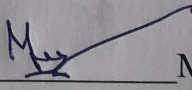
## Пояснювальна записка до дипломної роботи бакалавра

Галузь знань: 13 «Механічна інженерія»

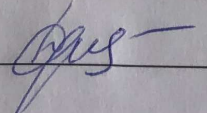
СПЕЦІАЛЬНІСТЬ: 132 «МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО»

Освітньо-професійна програма: «Відновлення та технічний сервіс автомобілів»  
на тему: «Розробка технологічного процесу ремонту колінчатого  
валу автомобіля»

Шифр: ДРМТВА 22.19077.000. ПЗ

Виконав: студент 3 курсу, група МТВАс -19-2  М.А. Чорний

Керівник



к.т.н., доц. О.С. Дробот

До захисту допускаю:

Зав. кафедри ТАМ  Диха О.В.

7 06 2022\_р.

Хмельницький, 2022 р.

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії, транспорту та архітектури

Кафедра трибології, автомобілів та матеріалознавства

Освітньо-кваліфікаційний рівень: бакалавр

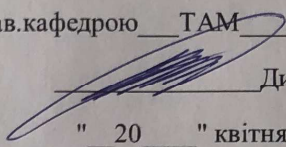
Галузь знань: 13 «Механічна інженерія»

Спеціальність: 132 «Матеріалознавство»

Спеціалізація: «Відновлення та технічний сервіс автомобілів»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав.кафедрою ТАМ

 Диха О.В.

" 20 " квітня 2022 р.

З А В Д А Н Н Я

НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Чорному Микиті Андрійовичу

1. Тема проекту:

«Розробка технологічного процесу ремонту колінчатого валу автомобіля»

керівник проекту: Дробот Ольга Савівна, к.т.н., доц.

Затверджено наказом університету від 1 березня 2022р. № 18

2. Строк подання студентом проекту на кафедру: 10.06.2022 р.

3. Вихідні дані до проекту:

- 1) Технічні умови на технологію виготовлення колінчатого валу автомобіля.
- 2) Річна програма ремонту деталей.
- 3) Результати літературного огляду і патентного пошуку.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Аналіз конструкції та умов експлуатації колінчатого валу автомобіля
2. Технологічне і лабораторне устаткування для відновлення і підвищення зносостійкості колінчатого валу.
3. Технологічний процес відновлення колінчатого валу
4. Методи зміцнення відновленого колінчатого валу

5. Консультанти розділів роботи

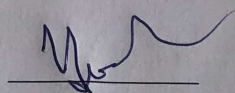
| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата   |                  |
|--------|---|----------------|------------------|
|        |   | завдання видав | завдання прийняв |
|        |   |                |                  |
|        |   |                |                  |
|        |   |                |                  |

6. Дата видачі завдання: 20 квітня 2022р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

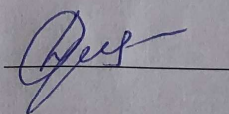
| № з/п | Назва етапів дипломного проекту (роботи)  | Строк виконання етапів проекту ( роботи ) | Примітка |
|-------|---|---|----------|
| 1     | Огляд літературних джерел   | 30.04.2022                                |          |
| 2     | Особливості виготовлення колінчатого валу   | 05.05.2022                                |          |
| 3     | Технологічна частина. Термічна обробка колінчатого валу   | 10.05.2022                                |          |
| 4     | Експериментальне дослідження структури і властивостей колінчатого валу після проведеної термічної обробки | 15.05.2022                                |          |
| 5     | Методи зміцнення відновленого колінчатого валу  | 20.05.2022                                |          |
| 6     | Оформлення презентаційних матеріалів  | 2.06.2022                                 |          |

Студент



Чорний М.А.



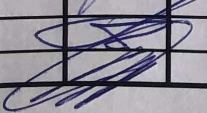

Керівник роботи



Дробот О.С.

## ЗМІСТ

|  |    |
|--|----|
| ВСТУП.....   | 4  |
| 1. АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ ТА УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ДЕТАЛЕЙ ВУЗЛА ТЕРТЯ АВТОМОБІЛЯ.....   | 5  |
| 1.1. Опис конструкції та умов експлуатації деталей вузла тертя автомобіля.....   | 7  |
| 1.2. Аналіз дефектів колінчатого валу і причини виходу з ладу.....   | 8  |
| 1.3. Характеристика матеріалів.....  | 10 |
| 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС СКЛАДАННЯ-РОЗБИРАННЯ ТА ТЕХНІЧНИЙ СЕРВІС ВУЗЛА АВТОМОБІЛЯ .....                                      | 14 |
| 2.1. Опис конструкції та принципу роботи пристосування для кріплення колінчатого валу при виконанні ремонтних операцій ..... | 18 |
| 2.2. Послідовність виконання технологічних операцій під час ремонту.....   | 19 |
| 2.3. Розбирання двигуна автомобіля.....  | 22 |
| 2.4. Технічні умови на дефекацію колінчатих валів.....   | 28 |
| 2.5. Технічні вимоги на відновлення колінчатого валу.....  | 29 |
| 3. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС РЕМОНТУ, ВІДНОВЛЕННЯ, ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ДЕТАЛЕЙ ВУЗЛА АВТОМОБІЛЯ....                         | 31 |
| 3.1. Технологія виготовлення колінчатих валів.....   | 31 |
| 3.2. Термічна обробка колінчатих валів.....  | 32 |
| 3.3. Зміцнення поверхневим пластичним деформуванням.....   | 40 |
| 3.4. Зміцнення індукційним гартуванням.....  | 40 |
| 3.5. Методи відновлення та зміцнення колінчатого валу.....   | 43 |
| ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ.....  | 47 |
| СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....   | 48 |
| ДОДАТКИ.....   | 50 |

|  |      |          |   |         |
|--|------|----------|---|---------|
| <b>ДРМТВА 22.19077.000. ПЗ</b>   |      |          |   |         |
| Змн.   | Арк. | № докцм. | Підпис  | Дата    |
|  |      | Чорний   |  |         |
| Розроб.  |      | Дробот   |  | 2.06.22 |
| Перевір.   |      |          |   |         |
| Реценз.  |      |          |   |         |
| Н. Контр.  |      | Бабак    |  |         |
| Затверд.   |      | Диха     |  |         |
| <b>«Розробка технологічного процесу ремонту колінчатого валу автомобіля»</b> |      |          |   |         |
|  |      | Лім.     | Арк.  | Акрцшів |
|  |      |          | 3   | 50      |
| ХНУ група МТВАс 19-2   |      |          |   |         |

## Вступ.

Експлуатація автомобіля вимагає значних витрат, найбільша доля яких припадає на двигун та його основну деталь – колінчатий вал. У більшості промислово розвинутих країн добре організовано ремонтний процес відновлення зношених деталей, в тому числі, колінчатих валів. Основним видом ремонту (70- 75% ) є перешліфовка колінчатих валів на ремонтні розміри і лише 20 -25 % загального об'єму складає відновлення цих деталей способами наплавлення до номінальних розмірів. При ремонті та відновленні колінчатих валів удосконалюються існуючі методи відновлення та впроваджуються нові сучасні технології. Колінчатий вал є однією з дороговартісних деталей двигуна. Найбільш експлуатаційно навантаженими ділянками колінчатого валу є шатунні шийки колінчатих двигунів (від 8 -10 для бензинових та до 30 МПа у дизельних двигунів). Потреба в колінчатих валах при капітальному ремонті постійно зростає. Крім того економічно недоцільним є здавати в металобрухт таку складну і дорогу деталь, як колінчатий вал.

Все це визначає актуальність роботи, яка передбачає розробку технологічних заходів для ремонту та підвищення зносостійкості колінчатих валів.

|      |      |          |        |      |                                |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>ДРМТВА 22.19077.000. ПЗ</i> | Арк. |
|      |      |          |        |      |                                | 4    |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                |      |

## 1. Опис конструкції та принципу роботи вузла тертя автомобіля.

Колінчатий вал – важливий елемент двигуна внутрішнього згорання. Це та деталь, яка перетворює кінетичну енергію, що отримується при згоранні палива в двигуні, в механічну. Одночасно колінчатий вал слугує сполучною ланкою між двигуном і коробкою передач, яка в свою чергу розподіляє крутний момент на колеса. Колінчатий вал розміщують в блоці циліндрів і він є складовою частиною кривошипно - шатунного механізму. Колінчатий вал має складну форму, шийки для кріплення шатунів, від яких сприймає зусилля і перетворює їх у крутний момент.

Конструкція вала - це розміщені по одній осі коліна - шатунні шийки, які з'єднані спеціальними щоками. Кількість колін залежить від числа, форми і місця розміщення циліндрів, а також від тактності двигуна автомобіля. З допомогою шатунів шийки з'єднуються з поршнями, які здійснюють поступально - обертові рухи.

Колінчатий вал призначений для перетворення поступально - обертових рухів у зворотно - поступальні рухи поршнів (Рис. 1.2., 1.3).

На поршні колінчатого валу діють сили тиску газу, інерційної сили і рухомих мас кривошипно шатунного механізму.

В залежності від розміщення корінних шийок колінчаті вали можуть бути: повно опорними - коли корінні шийки розміщені по обидві сторони від шатунної шийки; не повно опорними - коли корінні шийки розміщені тільки з однієї сторони від шатунної шийки.

Більшість сучасних автомобільних двигунів оснащені повно опорними колінчастими валами (Рис.1.1)

|      |      |          |        |      |                                |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>ДРМТВА 22.19077.000. ПЗ</i> | Арк. |
|      |      |          |        |      |                                | 5    |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                |      |



Рис.1.1 Загальний вигляд колінчастого валу

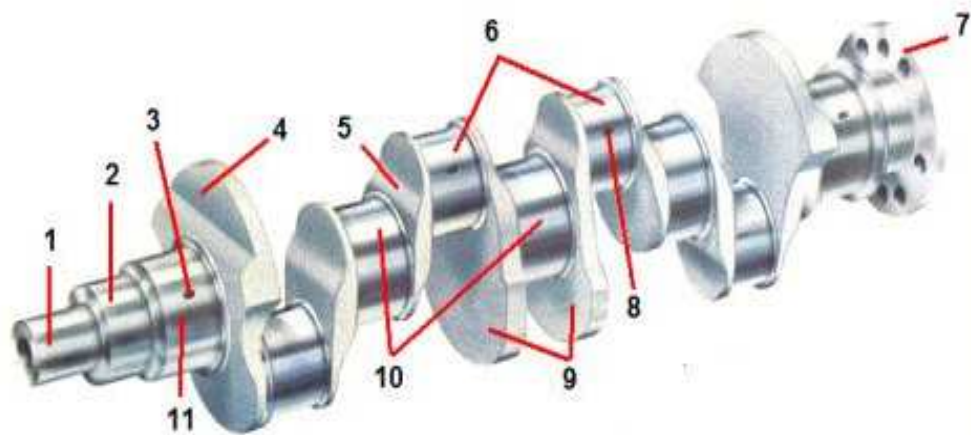


Рисунок 1.2 - Основні елементи колінчастого валу

1. Носок колінчастого валу. 2. Посадочне місце зірочки (шестерні) приводу розподільчого валу 3. Отвір підводу масла до корінної шийки 4. Противага. 5. Щока 6. Шатунні шийки. 7. Фланець маховика. 8. Отвір підводу масла до шатунної шийки. 9. Противаги. 10. Корінні шийки. 11. Корінна шийка упорного підшипника.

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДРМТВА 22.19077.000. ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         | 6    |

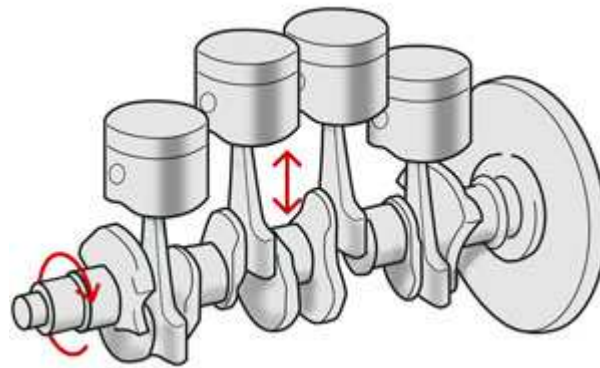


Рис. 1.3. Основні рухи колінчатого вала

Кількість циліндрів двигуна визначає кількість шатунних шийок. В багаторядних двигунах ( V W X - подібних, зірчастих) одна шатунна шийка сприймає навантаження одразу декількох шатунів (або одного центрального, з'єданого з причепленими) .

Колінчатий вал сприймає змінний крутний момент тому працює на скручування і повинен мати достатній запас міцності не менше 2,5 для напруження на зсув при утомі.

Площа шийок має забезпечити потрібний контактний тиск підшипників ковзання чи кочення. Висока твердість шийок та високоякісне мастило дозволяють підвищити контактний тиск та швидкості ковзання для антифрикційних матеріалів. Перевищення їх вище допустимих сприяє виплавланню ( розтріскуванню) антифрикційного шару чи пітінгу роликів (підшипниках кочення).

### 1.1 Основні елементи колінчатого валу

Корінна шийка - опора вала, що лежить в корінному підшипнику, який розміщений в картері двигуна (Рис.1.2)

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДРМТВА 22.19077.000. ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 7    |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

Шатунна шийка - опора, за допомогою якої вал зв'язується з шатуном (для змащування шатунних підшипників передбачені змащувальні канали).

Щоки - зв'язують корінні та шатунні шийки.

Передня вихідна частина вала (носок) - частина вала, на якій кріпиться зубчасте колесо чи шків відбору потужності для приводу газорозподільного механізму (ГРМ) та різних допоміжних вузлів, систем, агрегатів.

Задня вихідна частина вала (хвостовик) - частина вала, яка з'єднується з маховиком чи масивною шестернею відбору основної частини потужності.

Противаги забезпечують розвантаження корінних підшипників від відцентрових сил інерції першого порядку неврівноважених мас кривошипу і нижньої частини шатуна.

#### Принцип дії колінчатого вала

Незважаючи на те, що конструкція вала досить складна, принцип дії його досить простий. В камерах згорання відбувається процес згорання палива і видалення газів. Розширюючись, гази діють на поршні, які виконують поступальні рухи. Поршні передають механічну енергію шатунам, які з'єднані з ними втулкою чи поршневим пальцем. Шатун в свою чергу з'єднаний з шийкою колінчатого вала підшипником, внаслідок чого кожний поступальний поршневий рух перетворюється в обертовий рух вала. Після того як відбувається повертання на 180°, шатунна шийка рухається в зворотному напрямку, забезпечуючи обертальний рух поршня. Потім цикли повторюються. (Рис.1.3)

#### 1.2. Аналіз дефектів колінчатого валу і причини виходу з ладу

Дефекти у колінчатих валах виникають внаслідок ненормальних умов експлуатації, збільшення швидкості обертання, чи при заклинюванні поршня

|      |      |          |        |      |                                |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>ДРМТВА 22.19077.000. ПЗ</i> | Арк. |
|      |      |          |        |      |                                | 8    |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                |      |

або при гідравлічному ударі в циліндрі. Під час експлуатації можуть виникати такі несправності: знос вала по корінним чи шатунним шийкам, згин, руйнування вала, знос посадкових поверхонь під маховик, сальник, передню шестірню. Неправильне укладання і центрування колінчатого валу з валом привідного механізму може спричинити обрив шатунних болтів. Дефекти виникають також внаслідок втоми металу. Колінчатий вал переважно руйнується в місцях, де шийки переходять в щоки (Рис.1.4). В колінчатих валах виникають задирки шийок, згин, знос вала по корінним та шатунним шийкам, можливе зрізання шпонки колін вала, знос посадочних поверхонь для маховика, сальника чи передньої шестерні, руйнування вала тощо.

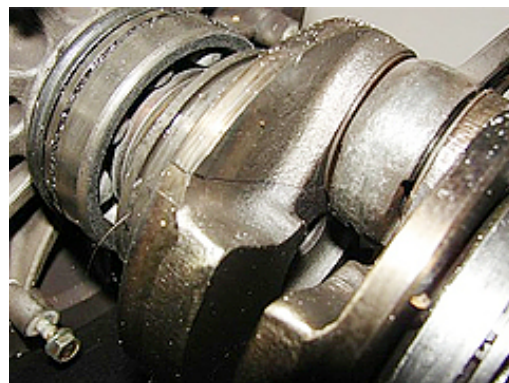


Рисунок 1.4 - Тріщини в валах

Недостатня жорсткість корпусу двигуна викликає неперервний згин вала. Згинання вала спричиняють утому матеріалу вала і появу тріщин, які сприяють руйнуванню від втоми. Руйнування вала відбувається від утомних тріщин, які можуть виникнути від припалу галтелей під час шліфування. Тріщини можуть розвиватися в неякісному матеріалі (при наявності волосовин, неметалевих включень, флокенів, схильності сталі до відпускнуї крихкості) чи внаслідок перевищення розрахункових величин крутних коливань (помилки при проектуванні, самостійне форсування числа

|      |      |          |        |      |                                |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>ДРМТВА 22.19077.000. ПЗ</i> | Арк. |
|      |      |          |        |      |                                | 9    |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                |      |

обертів дизеля). Можливе руйнування вала з причини перевищення числа обертів, відмови демпфера, заклинювання поршня. Сучасні автомобілі в двигунах використовують колінчатий вал, з кожної сторони якого знаходиться підшипник. З часом підшипники зношуються і між ними і поверхнею колінчатого валу з'являється люфт, що призводить до зносу колінчатого валу.

Знос колінчатого валу може бути викликаний браком моторного масла. Коли колінчатому валу не вистачає мастила, це руйнує шатунні підшипники і потім більші основні підшипники, в яких обертається колінчатий вал. Однак для настання фактичного збитку від нестачі масла потрібно досить багато часу – приблизно до чверті години, до тих пір, поки залишкове моторне масло в герметичних підшипниках не буде повністю використане. У такій ситуації внаслідок сухого тертя почнеться руйнування підшипників і знос двигуна. Сучасні автомобілі рідше виходять з ладу ніж старі.

Двигуни більшості сучасних авто оснащені турбіною, яка швидше вийде з ладу в разі гострого браку моторного масла. В такому випадку колінчатий вал не встигне отримати критичний знос. Якщо поломка колінчатого валу трапилась, то про це дає знати гуркіт (гучний стукіт) під час роботи двигуна.

### 1.3 Характеристика матеріалів

Працездатність колінчастих валів і багатьох інших деталей і конструкцій визначається опором утомі. Для оцінки характеристик опору утомі натурних деталей проводять випробування на утому для визначення межі витривалості деталі -1д .

|      |      |          |        |      |                                |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>ДРМТВА 22.19077.000. ПЗ</i> | Арк. |
|      |      |          |        |      |                                | 10   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                |      |

Конкретний вибір матеріалу для виготовлення конкретної деталі автомобіля визначається в першу чергу умовами її роботи, величиною і характером напружень, що виникають під час експлуатації, розмірами та конструктивними особливостями. При виборі матеріалу виходять з загальних вимог, головні з яких є експлуатаційні, технологічні та економічні.

Вибір сталі для виготовлення тієї чи іншої деталі та метод її зміцнення визначається рівнем визначеної конструкційної міцності, технологічністю механічної, термічної та хіміко-термічної обробки, об'ємом виробництва, дефіцитністю, вартістю матеріалу та собівартістю зміцнюючої обробки

Наявність на поверхні деталі стискаючих напружень уповільнює утворення утомних тріщин, сприяє підвищенню межі витривалості і живучості. Для підвищення межі тривалості і зменшення впливу концентраторів напружень доцільно використовувати гартування індукційним нагріванням, хіміко-термічну обробку, пластичну поверхневу деформацію та інші технологічні процеси, які зміцнюють поверхню і створюють на поверхні залишкові напруження стискання.

Покращення конструкції деталі; підвищення якості поверхні; зміцнення поверхні ХТО, гартуванням, ППД; заміна сталі.

До матеріалів таких деталей як колінчатий вал висувають такі вимоги:

- високі показники міцності ( $\sigma_b$ ,  $\sigma_{0,2}$ );
- висока утомна міцність ( $\sigma_{-1}$ ,  $\sigma_{-2}$ );
- високі пластичність ( $\sigma_{0,2}$ ) та ударна в'язкість (КС);
- високі показники тріщиностійкості ( $G_{1c}$ ,  $K_{1c}$ ,  $K_{Cp}$ ).

Леговані сталі використовують в тих випадках, коли потрібно забезпечити задану надійність і довговічність (низький поріг

|      |      |          |        |      |                                |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>ДРМТВА 22.19077.000. ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                | 11   |

холодноламкості, високу прогартовуваність, опір утомі, зносостійкість та інше).

#### Сталеві колінчаті вали.

Колінчаті вали виготовляють з вуглецевих, хромомарганцевих, хромонікельмолібденових та інших сталей, а також із спеціальних високоміцних чавунів. Найчастіше використовують такі марки сталей 45, 45Х, 45Г2, 50Г, а для важко навантажених колінчатих валів дизелів - 40ХНМА, 18ХНВА та інші. Перевагою сталевих колінчатих валів є висока міцність, можливість отримання високої твердості шийок азотуванням.

Вибір сталі визначається поверхневою твердістю шийок, яку можна одержати. Твердість 60 HRC (яка є необхідною для використання роликів підшипників), можна одержати тільки після хіміко - термічної обробки (цементації, азотування, ціанування). Використовують маловуглецеві хромонікелеві чи хромонікельмолібденові сталі (12ХН3А, 18ХНВА, 20ХНМА). Для валів середніх та великих розмірів вибирають більш легovanі та дорожчі сталі - з молібденом.

Останнім часом почали використовувати більш дешеві сталі регламентованої прогартовуваності, що дозволяє отримати високу твердість поверхні при збереженні в'язкої серцевини. Меншу твердість (в межах 45...55 HRC), але достатню для надійної роботи підшипників ковзання, можна отримати гартуванням СВЧ як середньовуглецевих сталей, так і сірого та високоміцного чавуну.

#### Чавунні колінчаті вали

З високоміцного чавуну колінчаті вали виготовляють методом лиття (в оболонкових формах), використовують такі марки чавуну ВЧ 500-12, ВЧ 700-2. Перевагами чавунних валів над сталевими є те, що досягають високого коефіцієнту використання металу при їх виготовленні,

|      |      |          |        |      |                                |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>ДРМТВА 22.19077.000. ПЗ</i> | Арк. |
|      |      |          |        |      |                                | 12   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                |      |

забезпечується демпфірування обертових моментів, що дозволяє відмовитись від зовнішнього демпфера на передньому носку вала. Чавунні вали дешевші, але поступаються властивостями сталевим.

|             |             |                 |               |             |                                |             |
|-------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|--------------------------------|-------------|
|             |             |                 |               |             | <i>ДРМТВА 22.19077.000. ПЗ</i> | <i>Арк.</i> |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> |                                | <i>13</i>   |

## 2. Технологічний процес складання - розбирання та технічний сервіс вузла авто

Ремонт колінчастого валу, який вийшов з ладу внаслідок виникнення описаних раніше пошкоджень, починається з операції розбирання вузла.

Ремонт колінчастого валу починається з його демонтажу, а після ремонту потрібно його поставити на місце (рис.2.1).

Аналіз умов роботи колінчастого валу показав, що вал під час експлуатації знаходиться під дією сил тертя, знакозмінних зусиль, вібрацій та середовища. За цих умов виникають спрацювання, механічні пошкодження, які описані раніше – це викривлення, тріщини, сколи, викривлення вісі. Всі ці пошкодження виявляють під час ремонту колінчастого валу. Візуальним оглядом можна виявити тріщини, ушкодження різьби отворів під болти та підшипники. Величину спрацювання та дійсні розміри робочих поверхонь колінчастого валу виявляють відповідними вимірюваннями. На цьому етапі визначають категорію придатності колінчастого валу та можливість чи неможливість його відновлення.

Контроль колінчастого валу здійснюють відповідно до технічних умов на дефектацію і сортування деталей. Згідно технічних умов виявляють спрацювання корінних та шатунних шийок, прогин, спрацювання різьби, отворів у фланці та під болти кріплення маховика. Враховуючи, що причиною викривлення колінчастого валу є залишкові внутрішні напруження, що виникають під час виконання технологічних операцій під час виготовлення, потрібно передбачити такі процеси ремонту та відновлення валу, які будуть сприяти відсутності значних залишкових напружень.

Викривленню вала сприяють залишкові деформації, що спричинені перевантаженням. Корінні і шатунні шийки зношуються внаслідок тертя між

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДРМТВА 22.19077.000. ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         | 14   |

контактуючими поверхнями, які внаслідок цього набувають овальності та конусності. Такий дефект як спрацювання шатунних шийок по довжині і набуття конусності виникає внаслідок нерівномірного розподілу навантажень та перекосом деталей шатунно-поршневої групи. Знакозмінні навантаження, тиск газів на поршень, знакозмінні навантаження шатунно-поршневої групи спричиняють формування овальної форми по колу шийки, тому корінні шийки колінчатого валу внаслідок спрацювання набувають овальної форми, а спрацювання на конус незначне. Аналіз абсолютної величини зношування корінних і шатунних шийок, показав, що шатунні шийки зношуються інтенсивніше ніж корінні з причини їх більшого навантаження.

Зовнішні дефекти, які виникли під час експлуатації, усувають слюсарними та механічними операціями, застосовують також наплавлення зношених поверхонь зносостійким матеріалом. Для виявлення внутрішніх дефектів доцільним є використання пристроїв, принцип дії яких заснований на магнітних властивостях металів, а також таких, що використовують ультразвук, люмінесцентність.

Ремонт колінчастого валу – дуже складний процес. В цьому випадку потрібне шліфування колінчастого валу на спеціальному обладнанні. Основними видами можливих робіт під час відновлення зношеного валу є: шліфування, рихтування, полірування, ремонт шківів, чистка каналів, заміна підшипників, балансування.

Після проведення візуального огляду та підготовчих для ремонту операцій складають перелік основних дефектів, що підлягають усуненню. Визначаються ділянки колінчатого валу, які мають дефекти і пропонуються способи їх усунення.

Поверхня шийки під маточину має дефект (спрацювання) спосіб усунення - залізнення з обробкою до номінального розміру.

|      |      |          |        |      |                                |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>ДРМТВА 22.19077.000. ПЗ</i> | Арк. |
|      |      |          |        |      |                                | 15   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                |      |

Збільшення поверхні корінної шийки по довжині, під опорний підшипник (спрацювання) – спосіб усунення - Наплавити. Обробити до номінального розміру.

Збільшення поверхонь шатунних шийок подовжити до ремонтного розміру. Наплавити. Обробити до номінального розміру.

Поверхні шатунних шийок по діаметру (спрацювання). Обробити до ремонтного розміру. Наплавити. Обробити до номінального розміру.

Зовнішня поверхня (обломи, тріщини. Сколи) . Наплавити.

Поверхні корінних шийок (деформування, радіальне биття середньої шийки відносно крайніх 0,02) . Правити.

Поверхні шийки під зацильник (риски, спрацювання). Шліфувати при розмірі менше 137,5 мм наплавити та обробити до номінального розміру.

Поверхня шийки під крутень (спрацювання). Відновити. Наплавити під шаром флюсу.

Поверхня отвору під підшипник (спрацювання) Відновити, поставити втулку.

Поверхні різьбових отворів (забоїни або зривання ниток різьби). Відновити отвори при спрацюванні або зриванні ниток різьби більше двох.

|      |      |          |        |      |                                |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>ДРМТВА 22.19077.000. ПЗ</i> | Арк. |
|      |      |          |        |      |                                | 16   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                |      |



Рисунок 2.1. - Вилучений майстрами з двигуна колінчатий вал

Перед ремонтом колінчатий вал необхідно розібрати: витягнути шпонки, із масляних каналів заглушки та пробки, випресувати підшипник первинного вала коробки передач.

Підготовка колінчатих валів до ремонту передбачає контроль та сортування валів за типом та розмірним групам, для чого контролюються розміри корінних та шатунних шийок, посадочні місця під підшипник первинного вала коробки передач, шків, маховика, розподільчої шестерні, отвори під болти кріплення маховика, зношення посадочних місць.

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДРМТВА 22.19077.000. ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 17   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

2.1 Опис конструкції та принципу роботи пристосування для кріплення колінчатого валу при виконанні ремонтних операцій.

Пристрій має корпус 1, вал 2, кулькові підшипники 6, упорна шайба 7 із гайкою 8. Корпус виготовляють з труби, має диск 5, до якого кріпиться фіксатор (тримач) 3. До валу фіксатор та диск з отворами (діаметром 10 мм) приварені. Тримач виготовляють із шатуна двигуна (рис.2.2) Під час виконання зварювальних робіт відстань від вісі отвору тримача до диска має бути 130 мм. Пристрій кріпиться до столу слюсарного верстака. Колінчатий вал другою шатунною шийкою кладуть в затискач, який стискають шпильками. Для запобігання пошкодження шліфованих шийок колінчатого валу від пошкодження до внутрішньої поверхні затискача прикріплюють гумову стрічку 4. Із допомогою фіксатора вал встановлюють в потрібному положенні та виконують ремонтні операції.

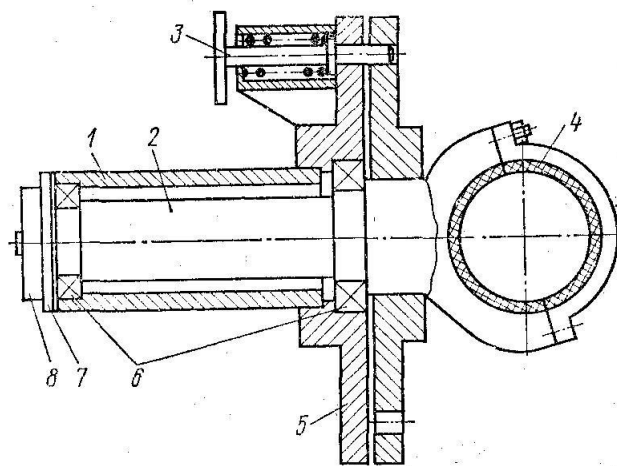


Рисунок 2.2 – Схема пристрою для збирання колінчатих валів:

1 – корпус; 2 – вал; 3 – фіксатор; 4 – прокладка; 5 – диск; 6 - кулькові підшипники; 7 - упорна шайба; 8 – гайка.

|      |      |          |        |      |                         |  |  |  |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|--|--|--|------|
|      |      |          |        |      |                         |  |  |  | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         |  |  |  | 18   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | ДРМТВА 22.19077.000. ПЗ |  |  |  |      |

## Дефектація колінчатого валу

Для дефектації валів можна використовувати магнітну дефектоскопію. Контроль проводять із використанням суспензії, в яку входять суміш таких компонентів: трансформаторна олива (40 %) та гас (60 %), і також магнітний порошок із оксиду заліза  $Fe_3O_4$ , чавунної стружки чи наждачного пилу після полірування сталевих деталей. Концентрація суспензії – 50 г порошку на 1 дм<sup>3</sup> рідкої суміші. Вал намагнічують та на контрольні точки наносять суспензію (можливе занурення вала в ванну із суспензією). При наявності дефектів на контрольованій поверхні з'являються „жилки”, які повторюють форму тріщини. Колінчатий вал як правило бракують при виявленні тріщин. Колінчаті вали без тріщин перевіряють на твердість матеріалу шийок.

2.2. Послідовність виконання технологічних операцій під час ремонту.

Обладнати робоче місце, перевірити наявність усіх необхідних приладів, деталей, обладнання, пристосувань, документації та довідникової літератури.

Ознайомитись з конструкторсько - технологічною характеристикою колінчатого валу, технологічними вимогами на нього, врахувати характер сил, що діють на вал, вид і характер дефектів і вибрані методи усунення дефектів та технологічні операції ремонту.

Підготувати всі необхідні складові- обладнання, прилади, інструменти до роботи.

Визначити конструктивні елементи колінчатого валу які потребують дефектації.

Провести зовнішній огляд колінчатого валу для виявлення дефектів.

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДРМТВА 22.19077.000. ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         | 19   |

Для кожного конструктивного елемента вала визначити технологічні розміри за нормативно – технологічною документацією, вимоги до точності, якості робочих поверхонь, способів дефектації.

Виявити ділянки вимірювань на корінних шийках колінчатого вала та двох взаємно перпендикулярних площинах А-А та Б-Б вимірювання. Зафіксувати отримані результати у звітному документі (рис.2.3).

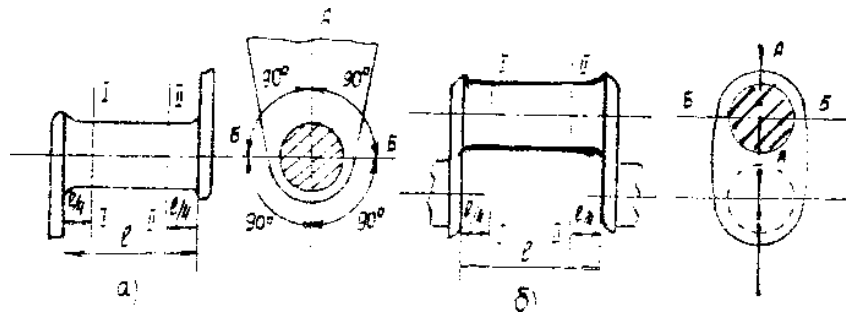


Рисунок 2.3 – Схема вимірювання діаметрів шийок корінних (а) та шатунних (б).

Отримані результати вимірювань потрібно обробити: визначити величину загального спрацювання для усіх шийок в мм:

$$I_{заг.} = D_n - D_{min}$$

Де:  $D_n$  – діаметр шийки згідно нормативно-технічній документації, мм

$D_{min}$  – мінімальний діаметр шийки після спрацювання, мм

Визначити величину однобічного нерівномірного спрацювання, мм

$$U = V I_{заг}$$

де  $V$  – коефіцієнт нерівномірності спрацювання, приймається  $V = 0,6$ .

Підраховується овальність та конусність

$$O = D_{A-A} - D_{B-B}$$

$$K = D_{1-1} - D_{11-11}$$

На основі зовнішнього огляду та результатів вимірювань формуються висновки про стан кожного конструктивного елемента, вибирається потрібний метод відновлення.

У багатьох випадках колінчаті вали можливо перешліфувати на ремонтний розмір. В таких випадках колінчаті вали шліфують наждачним кругом (вал обертається навколо вісей базування). У випадках, коли вісі для корінних і шатунних шийок не співпадають. Потрібна перестановка. Під час перешліфовування необхідно витримувати міжцентрову відстань. Згідно інструкції вали після шліфування підлягають динамічному балансуванню. Під час шліфування необхідним є зберегти форму галтелей і не допустити припалу. Неправильна обробка галтелей може викликати руйнування вала під час експлуатації.

Колінчатий вал має недостатню жорсткість, що викликано його складною формою, тому під час обробки (виготовлення чи ремонту вала) висувуються особливі вимоги до вибору методів базування, закріплення і обробки вала також , послідовності, поєднання операцій та вибору обладнання. Основними базами колінчатого валу є опорні поверхні корінних шийок. Треба враховувати, що не на всіх операціях обробки можна використовувати їх в якості технологічних. Тому в деяких випадках технологічними базами вибирають поверхні центрових отворів. В окремих випадках з урахуванням невисокої жорсткості вала при виконанні окремих операцій під час обробки його в центрах в якості додаткових технологічних баз використовують зовнішні поверхні попередньо оброблених шийок.

Під час обробки шатунних шийок, які відповідно до технічних вимог повинні мати необхідну кутову координацію, опорною технологічною базою є спеціально фрезеровані ділянки на щоках. Після виготовлення колінчаті вали піддають динамічному балансуванню у парі з маховиком.

|      |      |          |        |      |                                |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>ДРМТВА 22.19077.000. ПЗ</i> | Арк. |
|      |      |          |        |      |                                | 21   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                |      |

Дефекти колінчатих валів усувають різними способами. Зношення шатунних та корінних шийок в межах ремонтних розмірів усувають шліфуванням до відповідного наступного ремонтного розміру. Всі корінні та шатунні шийки повинні мати один ремонтний розмір. На передній противазі колінчатого вала ставлять клеймо із вказаним ремонтним розміром 26 корінних ( P1K ... P5K) та шатунних шийок ( P1Ш ... P5Ш).

Колінчаті вали, які підлягають відновленню під ремонтний розмір, відновлюють наплавкою, напиленням та т.п. Після чого їх направляють у відповідні зони ремонту.

Під час експлуатації зношуються шийки колінчатого валу, зменшується твердість поверхні. Для відновлення цих поверхонь використовують хромування, залізнення з наступним хромуванням (нанесений шар може бути товщиною від 0,4...до 1,2 мм) ; вібродугове наплавлення під шаром флюсу (наплавлений шар 0,7...0,9), автоматичне наплавлення в середовищі захисних газів (товщина шару 0,8...0,9).

Зношені посадочні поверхні відновлюють електрохімічною обробкою, плазмовим та електродуговим наплавленням поверхонь та іншими способами

Підготовка колінчатих валів до ремонту закінчується контрольним сортуванням їх за типом та розмірами груп. Перевірка проводиться за тими параметрами за якими часто бракуються колінчаті вали.

### 2.3. Розбирання двигуна автомобіля

Дістати колінчатий вал можливо, якщо здійснити розбирання двигуна в якому знаходиться колінчатий вал.

Розбирання двигуна проводять в такій послідовності (рис.2.4)

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДРМТВА 22.19077.000. ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         | 22   |

- Доставити двигун на стенд для розбирання. Злити з картера мастило.

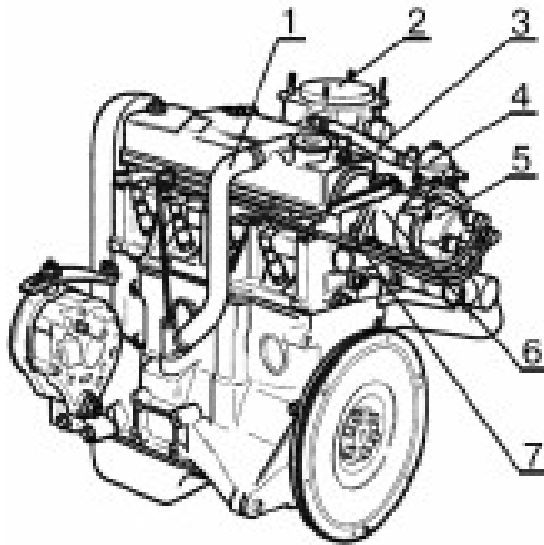


Рисунок 2.4- Послідовність розбирання двигуна

Демонтувати джгут 7 високовольтних проводів, демонтувати вакуумний шланг та паливний шланг від карбюратора та паливного насосу, демонтувати карбюратора 2, теплоізоляційну прокладку, демонтувати паливний насос 4, демонтувати розподільник запалювання 5 та корпус допоміжних агрегатів 6, демонтувати датчик контрольної лампи тиску масла, демонтувати генератор із двигуна, додаткове обладнання із двигуна демонтувати (шланг вентиляції картера): заштопорити маховик.

Послабити натяг ременя та демонтувати ремінь 1, демонтувати настановну планку 5 генератора, генератор 4 та кронштейн 3 кріплення генератора. Послабити натяг ременя та демонтувати ремінь 1 (Рис.2.5).

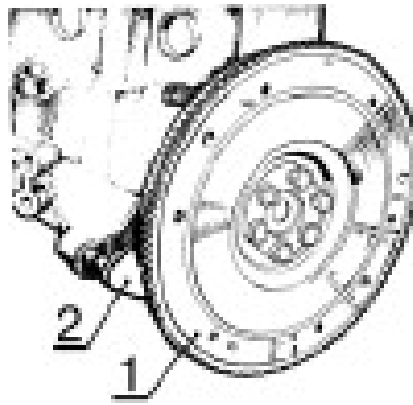


Рисунок 2.5 - Схема демонтажу маховика

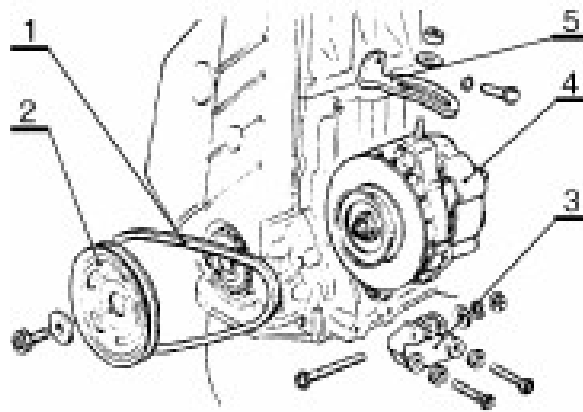


Рисунок 2.6 - Схема демонтажу генератора

Демонтувати настановну планку 5 генератора, генератор 4 та кронштейн 3 кріплення генератора, відвернути болт кріплення та демонтувати шків 2 колінчатого валу; відвернути болт кріплення та демонтувати шків 2 колінчатого валу (рис.2.6).

Демонтувати деталі приводу газорозподільного механізму (ГРМ), демонтувати передню захисну кришку 1. Ослабити кріплення шківів 5.

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДРМТВА 22.19077.000. ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 24   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

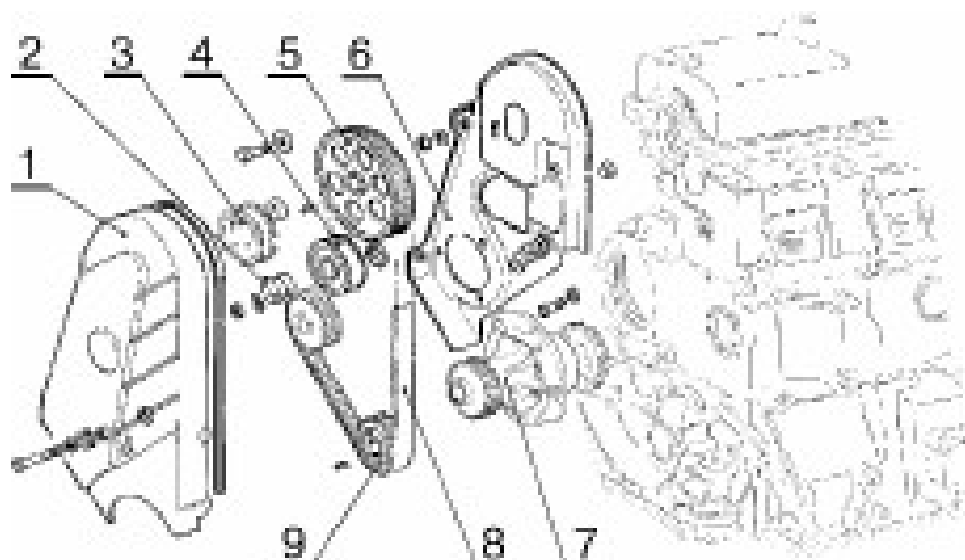


Рисунок 2.7 – Схема демонтажу деталей приводу газорозподільчого механізму

Послабити натяг та демонтувати ремінь серпня приводу ГРМ та шків 5 розподільний вал, демонтувати ексцентрик 2 та натяжний ролик 4 , чи натяжний ролик 3, демонтувати задню захисну кришку , водяний насос 7 та шків 9 колінчатого валу (рис.2.7).

Демонтувати маховик 1, демонтувати фільтр масляний та штуцер кріплення фільтра демонтувати перехідний фланець, прокладку та штуцер кріплення перехідного фланця демонтувати показчик рівня масла та люльку направляючу показчика.

5. Демонтувати газопроводи: демонтувати трубу впускну 1 , колектор 2 , прокладки 8.

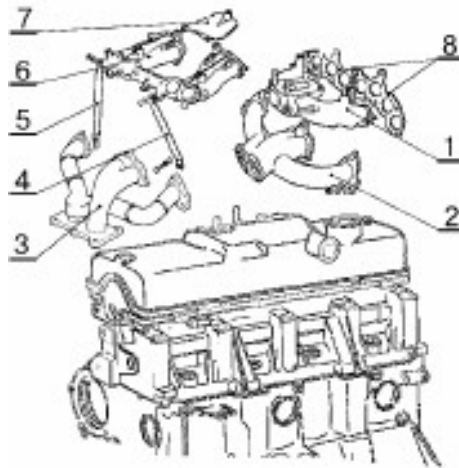


Рисунок 2.8 – Схема демонтажу газопроводів

Демонтувати головку циліндрів – демонтувати кришку 1 (рис.2.8), головки циліндрів та прокладки 2 ; демонтувати корпуси 3 та 7 підшипників розподільчий вал, демонтувати розподільний вал 4 та сальника 6 розподільного вала, демонтувати головку циліндрів 5 та прокладку.

Демонтувати масляний насос: демонтувати масляний картер 1 та прокладку 2 , демонтувати масло збірник 5.

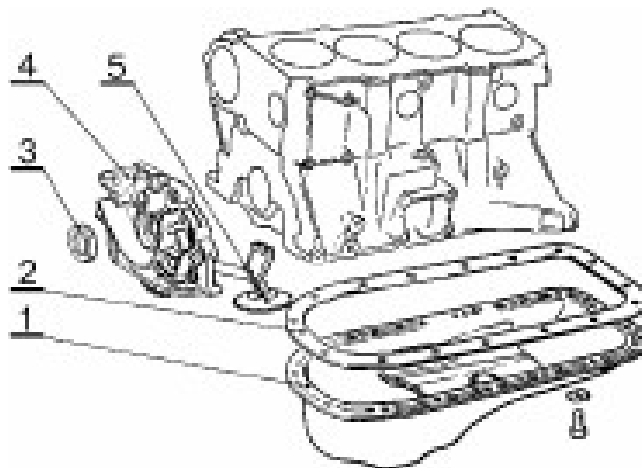


Рисунок 2.9 – Схема демонтажу масляного насосу

Демонтувати масляний насос 4 із сальником та прокладку, витягти сальника 3 з корпусу насосу (рис.2.9)

Демонтувати водяний насос та деталі системи охолодження:  
 демонтувати водяний насос 1, та прокладку 2 (рис.2.10). демонтувати датчики 7 та 8 температури охолоджуючої рідини, демонтувати термостат 11 чи термостат 9, демонтувати шланги 12 та 13 термостата та труби підвідної, термостата та патрубка відводу, демонтувати трубу підводну 4 та прокладку 3, демонтувати патрубок відвідний 10 та прокладку 5.

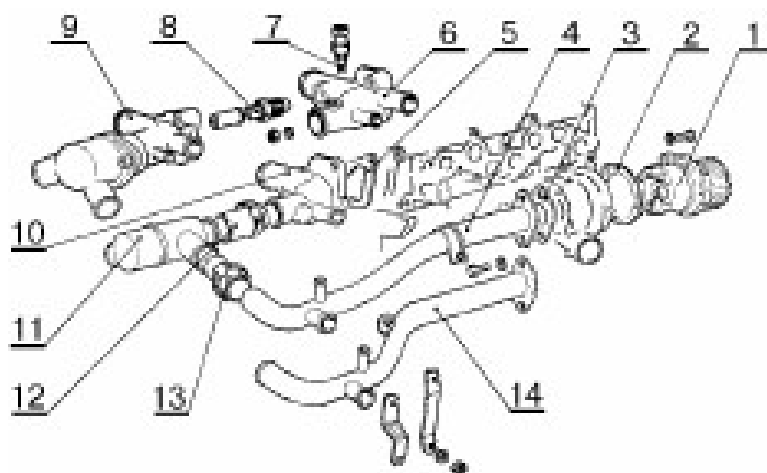


Рисунок 2.10 – Схема демонтажу деталей системи охолодження

Демонтувати колінчатий вал та шатунно - поршневу групу:  
 демонтувати утримувач 1 (рис.2.11) заднього сальника і прокладку 2 витягти сальника 13 з утримувача

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДРМТВА 22.19077.000. ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 27   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

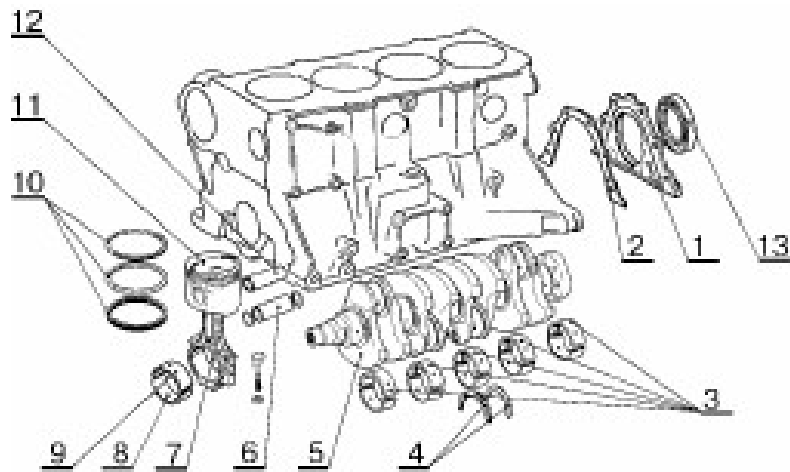


Рисунок 2.11 - Схема демонтажу колінчатого вала та шатунно-поршневої групи

Демонтувати кришки та вкладиші 8 та 9 шатунних підшипників, демонтувати кришки корінних підшипників та витягти із них вкладиші, демонтувати колінчатий вал 5 , верхні вкладиші 3 корінних підшипників та півкільця 4; витягти із блоку циліндрів поршні із шатунами , демонтувати із поршнів поршневі кільця, випресувати поршневі пальці 12 чи демонтувати стопорні кільця та витягти поршневі пальці 6 (на двигунах із « плаваючим» пальцем) та роз'єднати поршні 11 із шатунами 7 .

Промити деталі двигуна та продути стисненим повітрям.

#### 2.4. Технічні умови на дефектацію колінчатих валів

Під час експлуатації колінчаті вали набувають таких дефектів як знос корінних та шатунних шийок, шпоночної канавки, різьбових з'єднань, отворів під штифти кріплення маховика, посадочних місць розподільчої шестриковірні, шківів, зовнішнього кільця кулькового підшипника в задньому кінці вала.

Основним дефектом колінчатих валів є задирки на поверхні шатунних шийках (44% колінчатих валів, які надходять на капітальний ремонт). Основною причиною появи задирок шатунних шийок є недостатня подача мастила до шийок внаслідок забруднення масляних каналів та втрата натягу вкладишів.

Крім зносу поверхонь тертя, колінчаті вали мають такі дефекти як згин та скручування; овальність; конусність шийок; задирки та риски; вм'ятини на шийках; биття шийки під шестерню та шків; торцеве та радіальне биття; зміну геометричної форми, посадочного діаметра фланця маховика; забруднення масляних каналів продуктами зношення та забруднення мастила; знос різьби тощо.

Шатунні шийки зношуються переважно рівномірно до 0,015 – 0,18 мм. Максимальний знос шатунних шийок може сягати 1,25 мм. Корінні шийки зношуються не рівномірно до 0,04 – 0,08 мм. Максимальний знос корінних шийок сягає 1,25 мм

Суттєвим дефектом колінчатого валу є видовження шийок. Довжина шатунних шийок не повинна перевищувати 26,8 мм, передньої корінної шийки – 27,175 мм. Дефектами колінчатого валу є також збільшення на 0,05 мм торцевого биття поверхні фланця та радіального биття середніх корінних шийок відносно першої та п'ятої. Непаралельність вісей шатунних шийок відносно корінних не повинна перевищувати 0,01 мм на довжині кожної шатунної шийки.

## 2.5. Технічні вимоги на відновлення колінчатого валу

Колінчатий вал у сукупності з іншими деталями шатунно - поршневої групи визначає ресурс роботи двигуна в цілому. Два фактори визначають ресурс самого колінчатого валу. Це зносостійкість та опір утомі. Не

|      |      |          |        |      |                                |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>ДРМТВА 22.19077.000. ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                | 29   |

допускається при відновленні колінчатого валу змінювати структуру металу та твердість робочих поверхонь, зазначені в кресленнях . Рекомендовано проведення відповідних видів термічної обробки (високого відпуску, гартування тощо) при відновленні деталі методом нанесення розплавленого металу на зношені поверхні. Після проведення відновлення діаметри корінних та шатунних шийок колінчатого валу повинні відповідати розмірам робочого креслення. Тріщини, сколи, задирки на корінних та шатунних шийках колінчатого валу не допускаються.

Пристосування та прилади, які використовують при розбиранні двигуна для ремонту колінчатого валу: стенд, таль, ключі гайкові, кронштейн, захоплення типу ТСО – 3/376.000, викрутки хрестоподібні, ключі шарнірні, ключ для свічок запалювання, пневматичні гайко круг, опори, оправки, миючі установки.

Підготовлені до ремонту та відсортовані колінчаті вали розбивають на групи по типу їх відновлення. Колінчаті вали, які підлягають відновленню під ремонтний розмір, відновлюють наплавкою, напиленням та т.п. Після чого їх направляють у відповідні зони ремонту.

|             |             |                 |               |             |                                |             |
|-------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|--------------------------------|-------------|
|             |             |                 |               |             | <i>ДРМТВА 22.19077.000. ПЗ</i> | <i>Арк.</i> |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> |                                | <b>30</b>   |

3. Розробка технологічного процесу ремонту, відновлення, підвищення зносостійкості деталей вузла автомобіля

### 3.1. Технологія виготовлення колінчатих валів

Заготовки сталевих колінчатих валів середніх розмірів в крупносерійному виробництві виготовляють куванням в закритих штампах на молотах чи пресах. Процес отримання заготовки відбувається послідовно за декілька операцій. Після попереднього та викінчувального кування вала в штампах виконують обрізування облою на обрізному пресі і гарячу правку в штампі на молоті.

Для забезпечення високої механічної міцності вала формують спеціальне розміщення волокон сталі, яке повторює форму колінчатого валу. Не допускається перерізування волокон при подальшій механічній обробці.

Після штампування перед механічною обробкою заготовки піддають термічній обробці - нормалізації. Очистку від окалини здійснюють травленням чи на дробометній машині.

З високоміцного чавуну колінчаті вали виготовляють методом лиття (в оболонкових формах),

Правку валів виконують після нормалізації в гарячому стані в штампі а пресі після вивантаження заготовки з печі без додаткового підігріву.

Масляні отвори в колінчатих валах з'єднують сусідні корінну і шатунну шейки, виконуються свердлуванням. Отвори в щоках закарбовують чи закривають пробками на різьбі.

|      |      |          |        |      |                                |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>ДРМТВА 22.19077.000. ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                | 31   |

### 3.2. Термічна обробка колінчатого валу

#### Попередня термічна обробка заготовок

Поковки та виливки потребують термічної обробки. Вона повинна забезпечити подрібнення зерна, отримання структури оптимальної для обробки різанням, усунення або зниження залишкових напружень.

Після кування, штампування перед механічною обробкою заготовки піддають ТО - відпалу або нормалізації (мета - поліпшити оброблюваність різанням, отримати рівноважну структуру, максимально зняти внутрішні напруження).

Нормалізація дешевша операція (менше часу займає процес), можна після нормалізації ще додатково провести високий відпуск.

Відпал рекомендовано для виробів складної форми з легованих сталей, щоб запобігти утворенню структур з підвищеною твердістю, для більш повного зняття внутрішніх напружень, одержання однорідної структури.

Якщо напруження зняті недостатньо повно при наступному гартуванні підвищується ймовірність короблення виробів, особливо коли вони мають складну форму або велике відношення діаметра до товщини (Для таких виробів - гіпоїдні шестерні проводять ізотермічний відпал - формується більш однорідна структура, так як розпад аустеніту відбувається при постійній температурі)

Потреба в проведенні термічної обробки поковок, отриманих методом гарячої пластичної деформації, визначається наявністю залишкових напружень, а також можливими структурними змінами, наприклад великим зерном при перегріванні. Сталі, які мають високу загартовуваність і

|      |      |          |        |      |                                |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>ДРМТВА 22.19077.000. ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                | 32   |

прогартуваність, після охолодження від кувального нагрівання можуть мати підвищену твердість.

Методом лиття отримують виливки складної форми. Виливки як правило мають грубу макро- і мікро структуру, ліквацию, а також значні залишкові (ливарні) внутрішні напруження (внаслідок різної швидкості охолодження і неодночасної кристалізації по об'єму вилівка).

Для досягнення оптимальної оброблюваності різанням рекомендується наступна обробка сталевих поковок

Сталі низьколеговані (до 0,3 % С - 20Х, 15Х ) з твердістю до 270 НВ піддають нормалізації.

Низьковуглецеві середньо леговані (18ХГТ) - нормалізація + високий відпуск.

Низьковуглецеві складно леговані - (12ХН3А) та середньо вуглецеві від 0,3 до 0,6 % С ( 45 4ХФЛ, 30 ХГСА) - нормалізація + високий відпуск або відпал.

Сталі з вмістом вуглецю 0,6 % і більше - сфероїдизуючий відпал.

#### Стабілізуюча термічна обробка

Мета стабілізуючої обробки - зменшення деформацій деталей в процесі виготовлення їх і запобігання тобто збереження розмірів при експлуатації. Причина деформації деталей - залишкові напруження, які виникають при механічній і особливо при термічній обробці (гартівні). Стабілізація розмірів деталей найбільш актуальна для прецизійного машинобудування, верстатобудування та приладобудування. Стабілізуючу термічну обробку виконують як до кінцевої термічної обробки так і після неї.

|      |      |          |        |      |                                |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>ДРМТВА 22.19077.000. ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                | 33   |

Вироби нагрівають нижче  $A_{c1}$  ізотермічна витримка при цій температурі і повільне охолодження. Таку обробку ще називають старінням. Мета обробки - зниження залишкових напружень за рахунок релаксації напружень, тобто зменшення напружень за рахунок переходу частини пружної деформації напруженого матеріалу (заготовки, зразка) в пластичну. Під час релаксації напружень відбувається пластичне деформування матеріалу за рахунок поступового переміщення дислокацій під впливом залишкових напружень. Процес релаксації відбувається тим повніше, чим вища температура і триваліша витримка (табл.3.1)

Табл.3.1. Рекомендовані режими стабілізуючої термічної обробки.

| Температура , °С | Час витримки , годин |
|------------------|----------------------|
| 600- 650         | 2                    |
| 500-600          | 2-3                  |
| 400-500          | 3-4                  |
| 300 - 400        | 4 - 5                |
| 130 -150         |                      |

Для усунення (зниження ) залишкових напружень які виникають при механічній обробці старіння проводять після операцій механічної обробки. Залишкові напруження, що виникають при механічній обробці різанням, як правило, невеликі 200 - 400 МПа, тобто менші за межу текучості. Тому при кімнатній температурі деформації заготовок не відбувається.

#### Остаточна термічна обробка

Остаточна термічна обробка формує властивості деталі. Вибір технології термічної обробки визначається умовами експлуатації, які

|      |      |          |        |      |                                |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>ДРМТВА 22.19077.000. ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                | 34   |

можуть бути різними, матеріалом деталі, технічними вимогами, заданими конструктором і технологічним процесом виготовлення деталі.

Об'ємне гартування та відпуск

Об'ємне гартування з низьким чи високим відпуском для отримання заданих механічних властивостей широко використовують в машинобудуванні. В машинобудуванні майже 35 - 40 % деталей, які зміцнюють переважно піддають об'ємному гартуванню та відпуску.

Високу міцність звичайні машинобудівельні сталі (0,5 - 0,6 % С) будуть мати після об'ємного гартування і низького відпуску. Однак підвищення міцності (в От супроводжується зменшенням опору крихкому руйнуванню, знижуються такі показники як КСУ, КСТ, К1с і поріг холодноламкості. Чим вищим є вміст в сталі вуглецю, тим нижчою буде в'язкість руйнування К1с сталей з структурою мартенситу відпуску.

Значна частина деталей машин, які виготовлені з середньо вуглецевих конструкційних сталей (0,3 - 0,5 % С) піддають гартуванню і високому відпуску при 550 - 650 оС, який забезпечує високу конструкційну міцність - високі значення роботи розповсюдження тріщини КСТ і в'язкості руйнування К1с при низькій границі холодноламкості.

Після поліпшення сталі володіють високою живучістю (низькою швидкістю росту тріщини втоми), незважаючи на раннє по часу утворення тріщини втоми.

Після гартування і високого відпуску межа витривалості -1 підвищується на 30-40% , довговічність - на 20 -50 % , опір фретинг-корозії - у 2 - 5 разів, значно зростає в'язкість руйнування К1с. Сталь після поліпшення схильна до концентраторів напружень. В табл. 3 наведені типові деталі машин, які зміцнюють гартуванням з високим відпуском (рис.3.1)

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДРМТВА 22.19077.000. ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 35   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

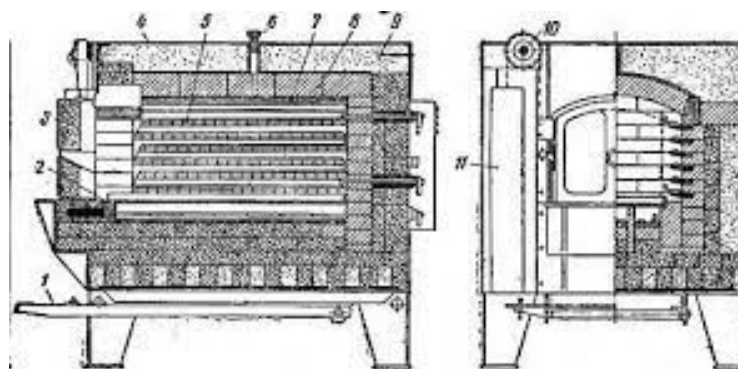


Рис. 54. Камерная печь

Белорусский завод

Рисунок 3.1 – Камерна електрична піч опору СНО

Табл. 3.2. Приклади деталей машин, які піддають гартуванню та високому відпуску.

| Деталі   | Рекомендована сталь                       | Твердість, НВ                                    |
|--|---|--|
| Різні деталі для з'єднань: пробки, гайки, упори, болти, гвинти, штифти, втулки, вилки, гаки, стяжки тощо   | 35, 45                                    | 207 - 242<br>240 - 320<br>267 - 313<br>320 - 344 |
| Вали карданні, шатунні, цапфи, фланці, тяги, ступиці   | 45 40X                                    | 207 - 241<br>255 - 302                           |
| Вісі, вали, шестерні, плунжери, штоки, диски парових турбін, вали і ротори парових турбін. Вали, шестерні, які працюють при малих швидкостях та тисках | 45, 35X, 45X<br>40ХН, 40ХН2МА<br>20ХГТР   | 241 - 286  |
| Вали, ротори і диски парових турбін і компресорних машин, вали екскаваторів, зубчасті колеса, вісі, болти і інші важко навантажені деталі              | 38ХН3МФА<br>36Х2Н2МФА<br>34ХН1М<br>34ХН3М | 293 - 331<br>277 - 321<br>277 - 321<br>293 - 331 |

|      |      |          |        |      |
|------|------|----------|--------|------|
|      |      |          |        |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

ДРМТВА 22.19077.000. ПЗ

Арк.

36

Оптимальне поєднання міцності і пластичності після поліпшення досягають, якщо переріз виробу відповідає критичному діаметру (95% мартенситу ) для даної сталі.

Механічні властивості сталі в першу чергу залежать від вмісту вуглецю в сталі, від якого залежить загартовуваність. Прогартовуваність визначається легуючими елементами, які присутні в сталі. За умови повного прогартовування механічні властивості мало залежать від природи і ступеня легування сталі. Позитивно впливають тільки нікель і молібден. Треба зауважити, що не слід прагнути використовувати сталі з дуже високою прогартовуваністю, так як для цього потрібний досить високий вміст легуючих елементів, які сприяють підвищенню схильності до крихкого руйнування і погіршують технологічні властивості сталі.

Для надійного забезпечення міцності відповідальних деталей, які працюють при експлуатації переважно на згин і кручення, загартований шар з структурою 95% мартенситу повинен бути на глибині не менше 1/2 радіусу від поверхні.

#### Поверхнєве гартування при індукційному нагріванні

Поверхнєве гартування проводять для деталей машин, які під час роботи піддаються згину, крученню і контактним напруженням, тобто в таких випадках, коли робочі напруження на поверхні максимальні. Поширеним є використання індукційного нагрівання для валів, колінчастих валів мало і середньо навантажених зубчастих коліс та інших деталей.

Індукційне поверхнєве і об'ємно - поверхнєве гартування сталі суттєво підвищують межу витривалості, межу контактної витривалості на 50 - 70% , довговічність у 2 -5 разів і опір фретинг - корозії у 2 - 5 разів. На ділянках, де загартований шар закінчується і він не розповсюджується на

|      |      |          |        |      |                                |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>ДРМТВА 22.19077.000. ПЗ</i> | Арк. |
|      |      |          |        |      |                                | 37   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                |      |

зони з концентраторами напружень (де є галтелі, виточки тощо), виникають напруження розтягу, які зменшують -1. Ці ділянки зміцнюють ППД.

Поверхнєве гартування з індукційним нагріванням порівнянні з хіміко - термічною обробкою є менш трудозатратним процесом, а за якістю деталей не поступається цементації чи нітроцементації.

Для виготовлення колінчастих валів складної форми з великим фланцями і отворами використовують сталі і високоміцні чавуни (ВЧ500 - 2, ВЧ 600 -7). Чавунні вали мають меншу міцність, але це компенсується більш конструктивними їх формами, малою чутливості чавуну до концентраторів напружень, для валів зі значною кількістю опор, меншим зміщенням опор і зменшенням безпеки резонансних коливань завдяки підвищеній демпферній здатності.

Чавунні вали мають різні розміри: (для двигунів ВАЗ, ГАЗ, ЗАЗ вони мають розміри 100 -150 мм), а для великих авто - їх маса доходить до 700 - 1300 кг, а довжина 2 - 3,5 м , діаметр 200- 250 мм.

Колінчаті вали одержують литтям в оболонкові форми і шийки валів автомобільних двигунів зміцнюють поверхневим гартуванням з індукційним нагріванням для одержання твердості 47 - 52 НРС. Після гартування вали піддають низькому відпуску при 180-200 оС з витримкою 2 - 3 години. Перед поверхневим гартуванням проводять нормалізацію. Товщина зміцненого шару 2 - 3 мм. (Табл.3.3).

|      |      |          |        |      |                                |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>ДРМТВА 22.19077.000. ПЗ</i> | Арк. |
|      |      |          |        |      |                                | 38   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                |      |

Таблиця 3.3. Типові деталі автомобіля, які зміцнюються гартуванням з індукційним нагріванням.

| Деталі               | Рекомендова<br>на сталь | Товщина<br>загартовано<br>го шару,<br>мм | Твердість,<br>HRC | Примітка                  |
|----------------------|-------------------------|--|-------------------|---------------------------|
| Колінчатий вал       |                         |  |                   |                           |
| двигунів:            | 45                      | 2,6 -6,5                                 | 52 - 62           | -                         |
| бензинових           | 50Г                     | 3 - 4                                    | 52 - 62           | Попередня<br>нормалізація |
| дизельних            |                         |  |                   |                           |
| особливо             | 50ХФА                   | 3 - 4                                    | 52 - 56           | Шатунні                   |
| навантажені дизельні |                         |  | 52 - 62           | шийки<br>Корінні<br>шийки |

Після гартування відбувається самовідпуск або проводять відпуск з повторного нагрівання при 200 - 250оС, який забезпечує підвищення міцності, мало зменшує твердість і зберігає стискаючі залишкові напруження на поверхні, твердість серцевини 20 -25 HRC.

### 3.3. Зміцнення поверхневим пластичним деформуванням

Значна кількість деталей, які зміцнені термічною чи хіміко-термічною обробкою від працездатності яких залежить довговічність машин, додатково зміцнюють поверхневим пластичним деформуванням (ППД).

ППД переважно використовують для деталей машин, які працюють при знакозмінних навантаженнях (торсіони, колінчаті вали, шатуни, шестерні тощо), високих швидкостях і тисках (розподільники, поршні, поршневі кільця, золотники, плунжери тощо), окислювального зношування, контактної - утомних напружень (цапфи шестірен, опорні шийки, поворотні кулачки тощо). В залежності від форми, розмірів, характеру виробництва вибирають найбільш оптимальний метод поверхневого пластичного деформування. Для деталей складної форми (пружини, ресори, лопатки, шатуни застосовують дробеструйну обробку.

Для зміцнення зовнішніх та внутрішніх поверхонь циліндричних виробів, сферичних і профільних поверхонь, галтелей застосовують накатку роликів (кульковим) інструментом.

Наклеп поверхні ППД товщина зміцненого шару (0,1 - 0,25 мм ) підвищує межу витривалості на 30 - 50 %, довговічність у 3 - 10 разів, опір фретинг - корозії у 1,5 - 2 рази.

### 3.4 Зміцнення індукційним гартуванням

Якщо деталі крім тертя, піддаються дії циклічних та ударних навантажень, то їх серцевина повинна мати високий комплекс властивостей, що може бути досягнуто поліпшенням. Для таких виробів прогартуваність набуває вирішального значення Марка сталі вибирається за умовами забезпечення наскрізної прогартуваності. Вироби спочатку піддають

|      |      |          |        |      |                                |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>ДРМТВА 22.19077.000. ПЗ</i> | Арк. |
|      |      |          |        |      |                                | 40   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                |      |

об'ємній термічній обробці - гартуванню з високим відпуском. Після цього ділянки, що працюють в умовах тертя, для отримання високої зносостійкості піддають поверхневому гартуванню з наступним низьким відпуском.

Поверхнєве гартування сприяє виникненню стискаючих напружень, які позитивно впливають на експлуатаційні властивості, зокрема, на утомну міцність. Для зменшення негативного впливу в місцях, де закінчується поверхневий загартований шар (наприклад, вихід кінця загартованої зони на щоку при гартуванні шийки колінчатого валу), утворюються напруження розтягу, які можуть привести до виникнення тріщин. Для створення стискаючих напружень рекомендується здійснювати поверхнєву пластичну деформацію (ППД) галтелей загартованих шийок обкочуванням роликками. Така обробка сприяє підвищенню границі витривалості.

Гартування з індукційним нагріванням застосовують для сталевих і для чавунних виробів (колінчаті та розподільчі вали, гільзи циліндрів тощо). Така обробка поліпшує властивості виробів (табл. 3.3):

- не відбувається короблення деталей, окислення поверхні і вигорання вуглецю та інших елементів;

- утворюється дрібне зерно аустеніту, а отже і мартенситу, що сприяє підвищенню  $\sigma_B$  до 1200 - 1300 МПа при збереженні високих показників пластичності - (-20 %);

- значно (на 40 -50%) підвищується опір утомному руйнуванню завдяки виникненню у поверхневому шарі залишкових напружень стискання.

Технологічні переваги такі:

- значно менші витрати електричної енергії (нагрівається тільки поверхневий шар деталі (не більше 5% загального об'єму металу);

- висока продуктивність (тривалість процесу 60 -30 с)

|      |      |          |        |      |                                |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>ДРМТВА 22.19077.000. ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                | 41   |

- точне і легке регулювання глибини загартованого шару, можливість автоматизації процесу;
- поліпшення умов праці.

Недолік - висока вартість обладнання (рис.3.2, 3.3).

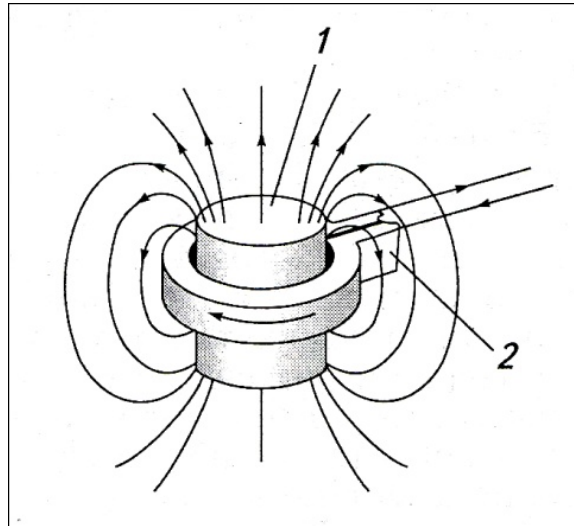


Рисунок 3.2 – Індуктор і його магнітне поле: 1 – виріб; 2 – індуктор

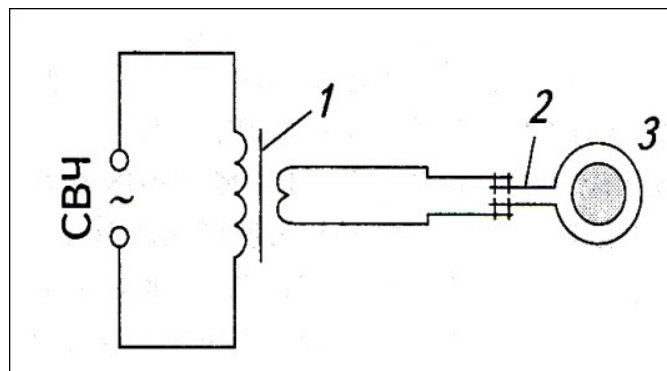


Рисунок 3.3- Схема принципу дії установки для високочастотного нагрівання виробів:

1- трансформатор; 2- індуктор; 3 - виріб

Вибір технології т/о визначається умовами експлуатації, які можуть бути різними, матеріалом деталі, технічними вимогами, заданими конструктором і технологічним процесом виготовлення деталі.

Для ненавантажених деталей (матеріал - сталь , твердість до 200...220 НВ), які виготовляють з поковок, виливків, зварних заготовок, остаточною т/о є відпал, нормалізація або нормалізація + високий відпуск.

Мета обробки - усунення залишкових напружень і досягнення оптимальної оброблюваності різанням.

### 3.5. Методи відновлення та зміцнення колінчатого валу

Підготовлені до ремонту та відсортовані колінчаті вали розбивають на групи по типу їх відновлення. Колінчаті вали, які підлягають відновленню під ремонтний розмір, відновлюють наплавленням, напиленням та т.п. Після чого їх направляють у відповідні зони ремонту.

Для відновлення працездатності зношених деталей потрібно, щоб вони мали початкові розміри, геометричну форму і поверхневі властивості, перш за все твердість (всі властивості серцевини) які в процесі експлуатації практично не змінюються.

Відновлення геометричної форми і розмірів деталей можливо при виконанні таких технологічних операцій: нарощування поверхневих шарів матеріалу замість зношеного; пластичне деформування для відновлення розмірів для відновлення розмірів зношених ділянок деталі; заміна частини деталі і встановлення додаткових елементів; видалення зношених елементів; видалення частини матеріалу після обробки її поверхневих шарів.

|      |      |          |        |      |                                |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>ДРМТВА 22.19077.000. ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                | 43   |

До операцій по відновленню фізико-механічних властивостей матеріалу деталі належать : усунення дефектів і зміцнення матеріалу тим чи іншим видом обробки для послаблення шкідливої дії мікро пошкоджень в найбільш відповідальних ділянках деталей.

Технологічні способи відновлення деталей можна розділити на дві групи: способи нарощування і способи обробки. До способів нарощування належать способи, за яких зношений матеріалів деталі компенсують нанесенням інших матеріалів, в тому числі і синтетичних . До них належать зварювання і наплавлення, напилювання, металізація, паяння, нанесення електролітичних металопокриттів і полімерних матеріалів [5,6]

Практично під час відновлення деталей відновлюють їх геометричну форму наданням їм ремонтних розмірів, більших чи менших від початкового. Посадка спряжень при цьому відновлюється, взаємозамінність зберігається частково, в межах тільки даного стандартного розміру, а при вільних ремонтних розмірах взагалі порушується. [5,6]

Значна кількість технологічних способів, які використовують при відновленні деталей, пояснюється великою кількістю дефектів, для усунення яких вони використовуються. Характерними дефектами деталей є:

знос, який спричиняє зміну розмірів, форми, взаємного положення робочих поверхонь; механічні пошкодження у вигляді залишкових деформацій, тріщин, рисок, викрихчування, пробої; пошкодження антикорозійних покриттів, нанесених фарбуванням, гальванічним і хімічним способами обробки.

Більшість деталей з такими дефектами під час ремонту можуть бути відновлені.

Метою ремонту є відновлення таких властивостей деталі: - міцності; - форми і розмірів деталей; - якості поверхні; - захисних покриттів.

Основними способами відновлення деталей є :

|      |      |          |        |      |                                |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>ДРМТВА 22.19077.000. ПЗ</i> | Арк. |
|      |      |          |        |      |                                | 44   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                |      |



Шліфування усіх поверхонь колінчатого валу. розташованих по осі його обертання, повинне виконуватись тільки в центрах.

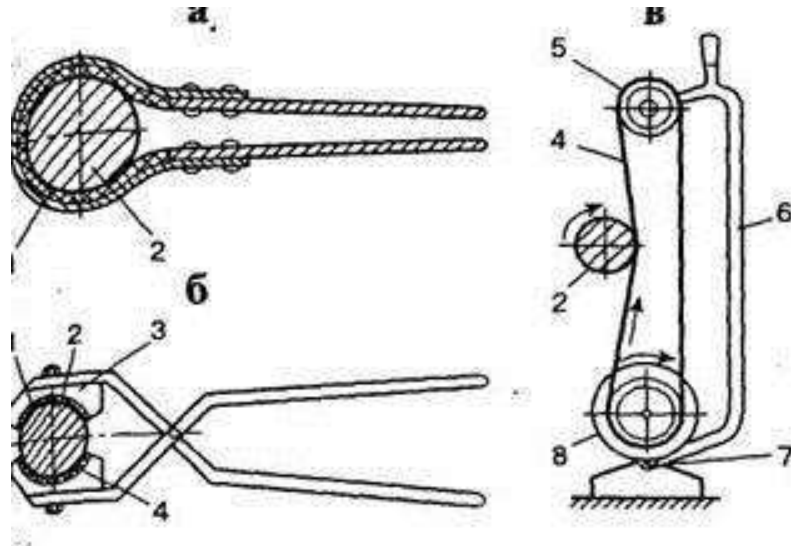


Рисунок 3.5 - Пристосування для полірування шийок валів:  
 а- прості ручні; в - з електроприводом: 1 – повстяне. 2 – шийка вала; 3 – обойма; 4 – абразивне полотно; 5 – ролик;  
 6 – кронштейн; 7 – шарнір; 8 - електродвигун

## Висновки по роботі.

1. Колінчаті вали, які не мають тріщин можуть підлягати ремонту та відновленню.

2. Ремонт має відбуватися згідно технічним вимогам до якості колінчатих валів.

3. Методи відновлення та підвищення зносостійкості вибираються у відповідності до можливостей ремонтних виробництв.

4. Ремонт колінчатого валу має закінчуватись контролем усіх розмірів і биття. Цей контроль має проводитись дуже ретельно.

|             |             |                 |               |             |                                |      |
|-------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|--------------------------------|------|
|             |             |                 |               |             | <i>ДРМТВА 22.19077.000. ПЗ</i> | Арк. |
|             |             |                 |               |             |                                | 47   |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> |                                |      |

## Перелік посилань

1. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів: Підручник. – К.: Знання - Прес, 2003. – 511с.
2. Відновлення деталей машин та конструкцій: Конспект лекцій. / Укладач І.В. Смірнов. - К.: НТУУ»КПІ», 2012. – 147 с.
3. Ремонт автомобілів: Навчальний посібник / Упор. В.Я. Чабанний. – Кіровоград: Кіровоградська районна друкарня, 2007. – 720 с.
4. Технологія та обладнання для відновлення автомобільних деталей. Конспект лекцій / Укл. Авер'янов В.С.- Кам'янське: ДДТУ, 2018.- 2018. – 70с.
5. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Технологія та обладнання для відновлення автомобільних деталей» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня зі спеціальності 274 «Автомобільний транспорт». Укладач Авер'янов В.С. Кам'янське: ДДТУ, 2018.- 2018. – 48 с.
6. Гальчук Т.Н., Рудь В.Д. Використання відходів машинобудівного виробництва для виготовлення деталей триботехнічного призначення.: Монографія. - Луцьк : РВВ Луцького НТУ, 2013. -218 с.
7. Восстановление и повышение износостойкости и срока службы деталей машин / под ред .В.С. Попова. - Запорожье: Изд-во ОАО «Мотор Сич» , 2000. -394с.
8. Харьков А.В. Особенности формирования восстановленного слоя при плазменно-порошковой наплавке коленчатых валов двигателей СМД-60. Новые решения в современных технологиях. Вестник ХГПУ Выпуск № 81 - Харьков 2000. - с.51 -52.

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДРМТВА 22.19077.000. ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         | 48   |

9. Скобло Т.С. , Сидашенко А.И. , Харьяков А.В., Науменко А.А. Восстановление эксплуатационных свойств деталей машин нанесением износостойких покрытий плазменно - порошковым методом. Вісник Полтавської державної аграрної академії. - Полтава. № 4 , 2006. - С.90 -92.

10. Диха О.В. Розрахунки і випробування на надійність машин і конструкцій: навч. посібник / О.В.Диха, Р.В. Сорокатиий , О.П. Бабак . - Хмельницький : ХНУ, 2011. - 151с.

|             |             |                 |               |             |                                |             |
|-------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|--------------------------------|-------------|
|             |             |                 |               |             | <i>ДРМТВА 22.19077.000. ПЗ</i> | <i>Арк.</i> |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> |                                | 49          |

Додатки

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДРМТВА 22.19077.000. ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         | 50   |

Хмельницький національний університет  
Факультет інженерної механіки  
Кафедра трибології, автомобілів та матеріалознавства

# **Розробка технологічного процесу ремонту колінчатого валу автомобіля**

---

Виконав: студент 3 курсу, група МТВАс -19-2 М.А. Чорний  
Керівник: к.т.н., доц. О.С. Дробот

Хмельницький, 2022 р.



# Постановка задачі бакалаврської роботи

---

## **Завдання по роботі:**

на основі визначення основних дефектів колінчатих валів та методів їх відновлення розробити технологію зміцнення відновлених колінчатих валів проведенням термічної обробки, виконати:

- 1. Аналіз конструкції та умов експлуатації колінчатого валу автомобіля*
- 2. Вибрати та описати технологічне і лабораторне устаткування для відновлення і підвищення зносостійкості колінчатого валу.*
- 3. Розробити технологічний процес відновлення колінчатого валу*
  - 4. Вибрати та описати методи зміцнення відновленого колінчатого валу.*

## **Об'єкт досліджень .**

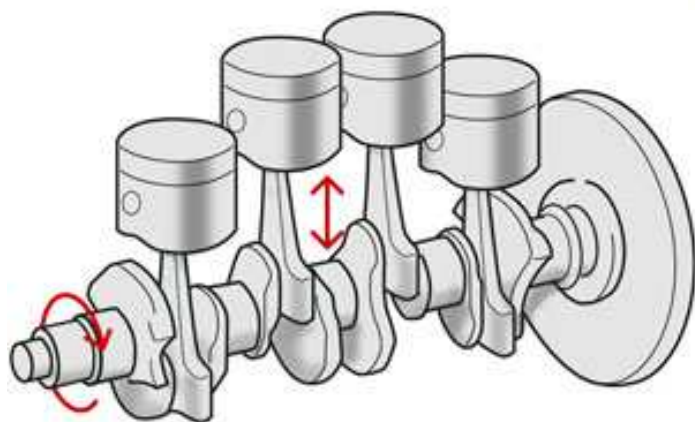
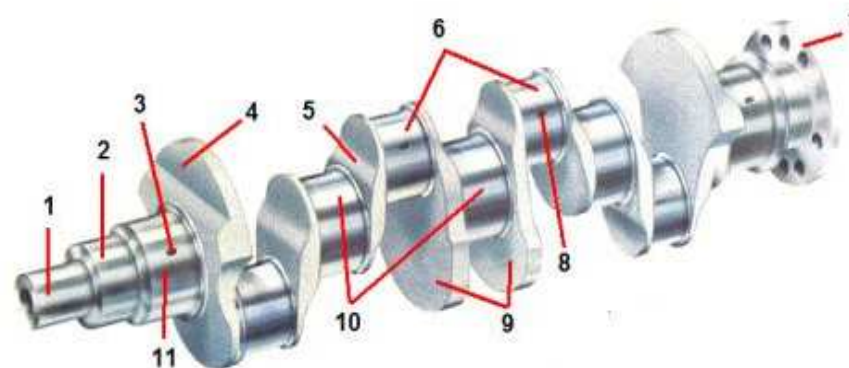
Зношені колінчаті вали двигунів автомобілів, які підлягають ремонту.

**Методи досліджень.** Заплановані дослідження для виконання поставлених цілей проведені за сучасними методиками, які базуються на математичному апараті, використанні пакетів комп'ютерних програм та сучасного обладнання і матеріалів для проведення досліджень і обробки результатів експериментів.

**Предмет досліджень** - технологія відновлення зношених колінчатих валів з використанням видів термічної обробки.

# Принцип дії колінчатого валу двигуна

Колінчатий вал є складовою частиною кривошипно-шатунного механізму. Він розміщується в блоці циліндрів і призначений для перетворення поступально-оберткових рухів у зворотно-поступальні рухи поршнів.



1. Носок колінчатого валу.
2. Посадочне місце зірочки (шестерні) приводу розподільчого валу
3. Отвір підводу масла до корінної шийки
4. Противага.
5. Щока
6. Шатунні шийки.
7. Фланець маховика.
8. Отвір підводу масла до шатунної шийки.
9. Противаги.
10. Корінні шийки.
11. Корінна шийка упорного підшипника.

# Матеріали і технології виготовлення колінчатих валів

Колінчаті вали **виготовляють із сталей та чавунів.**

Переважно використовують сталі марок 45, 45Х, 45Г2, 50Г, для важко навантажених колінчатих валів дизелів - вибирають сталі 40ХНМА, 18ХНВА та інші). Хромонікелеві та хромонікельмолібденові сталі такі як 12ХНЗА, 18ХНВА, 20ХНМА використовують для валів середніх та великих розмірів. Чавунні колінчаті вали виготовляють методом лиття з високоміцного чавуну марок ВЧ 500-12, ВЧ 700-2.

Колінчаті вали для підвищення міцності, **зносостійкості шийок** піддають термічній, хіміко-термічній обробці, гартуванню, азотуванню, гартуванню поверхневого шару струмом високої частоти. Твердість валів по Роквеллу 50..55 HRC, а після азотування 60 HRC і вище.

Мікроструктура - мартенсит чи троостомартенсит.

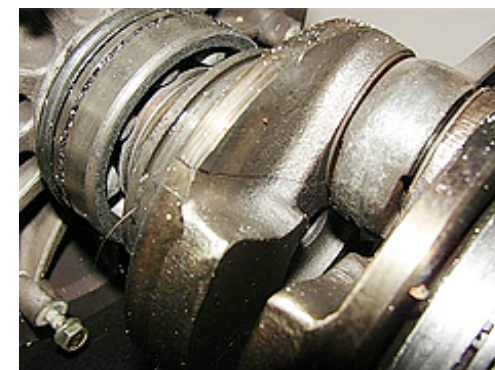
Глибина загартованого шару шийок від 3 до 6 мм, що дозволяє використовувати під час ремонту валів операції шліфування.

Вали, що піддавались азотуванню не шліфують.

# Аналіз дефектів і причин виходу з ладу

**Аналіз умов роботи колінчатого валу показав, що вал може виходити з ладу внаслідок :**

- ненормальних умов експлуатації та роботі в зоні критичної частоти обертання; - заклинювання поршня - гідравлічного удару в циліндрі.
- обриву шатунних болтів, неправильного укладання і центрування його з валом, привідного механізму, порушення технології виготовлення.
- втоми металу, дефекту монтажу двигуна на фундаменті і значного зносу чи виплавлення підшипників.



Тріщини в валах

Під час експлуатації на валу виникають - задирки шийок, знос вала по корінним та шатунним шийкам; знос посадочних поверхонь під маховик, сальник, передню шестерню; згин; перегрівання та розплавлення вкладишів колінчатого вала; зрізання шпонки.

Під час ремонту не глибокі задирки шийок зачищають і ретельно загладжують, деформовані ділянки рихтують, а зношені відновлюють.

Основними способам відновлення є: механічна обробка, спосіб ремонтних розмірів, пластичне деформування, зварювання і наплавлення тощо.

# Вилучений колінчатий вал з двигуна робітниками для ремонту

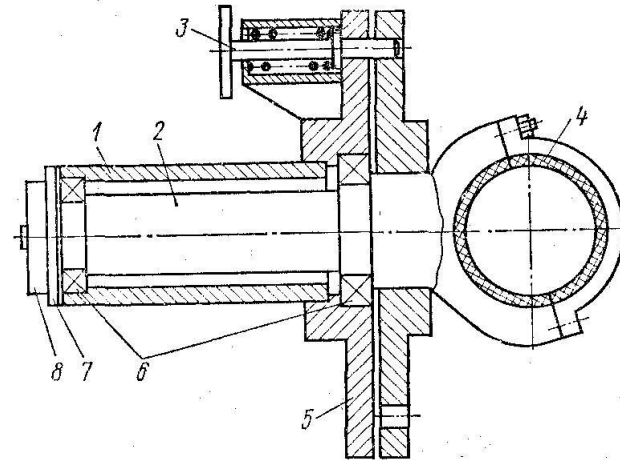


Перед ремонтом колінчатий вал необхідно розібрати:

витягнути шпонки, із масляних каналів  
заглушки та пробки,  
випресувати підшипник первинного вала  
коробки передач.

## Колінчаті вали перед ремонтом контролюють та сортують за типом та розмірами

1. Проводять контроль розмірів корінних і шатунних шийок.
2. Місць під підшипники первинного вала коробки передач, шків, маховика тощо
3. Визначають величину зношення посадочних місць під болти
4. Вибирають пристосування для кріплення колінчатого валу для виконання ремонтних операцій



### Схема пристрою для збирання колінчатих валів:

- 1 – корпус; 2 – вал; 3 – фіксатор; 4 – прокладка;  
5 – диск;  
6 - кулькові підшипники; 7 - упорна шайба; 8 – гайка.

# Послідовність виконання технологічних операцій під час ремонту


---

Ознайомитись з конструкторсько - технологічною характеристикою колінчатого валу, технологічними вимогами на нього, врахувати характер сил, що діють на вал, вид і характер дефектів і вибрані методи усунення дефектів та технологічні операції ремонту. Підготувати всі необхідні складові обладнання, прилади, інструменти до роботи.

Визначити конструктивні елементи колінчатого валу які потребують defeкації.

Провести зовнішній огляд колінчатого валу для виявлення дефектів.

Для кожного конструктивного елемента вала визначити технологічні розміри за нормативно – технологічною документацією, вимоги до точності, якості робочих поверхонь, способів defeктації.



# Технологічні заходи для усунення дефектів колінчатих валів

---

1. Шліфування .
2. Наплавлення
- 3.Напилення
4. Хромування
5. Залізнення з наступним хромуванням
6. Вібродугове наплавлення під шаром флюсу
7. Плазмове та електродугове наплавлення

# Операції по розбиранню двигуна

Доставити двигун на стенд для розбирання.

Злити з картера мастило

Демонтувати маховик.

Демонтувати генератор.

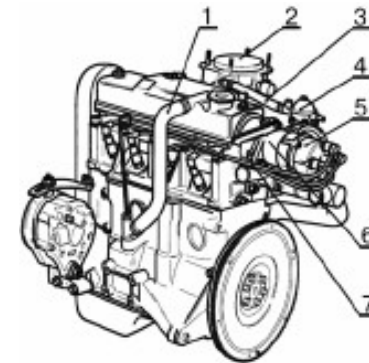
Демонтувати газопроводів.

Демонтувати масляний насос.

Демонтувати систему охолодження.

Демонтувати колінчатий вал та шатунно - поршневу групу.

Послідовність розбирання двигуна



Після розбирання деталі двигуна промивають та продувають стисненим повітрям.

Ремонтники мають ознайомитись з

*Технічними умовами на дефектацію колінчатих валів та Технічними умовами на відновлення колінчатого валу.*

Після чого розробляється технологічний процес ремонту, відновлення та підвищення зносостійкості колінчатого валу і режими термічної обробки відновлених колінчатих валів.

# Обладнання для термічної обробки

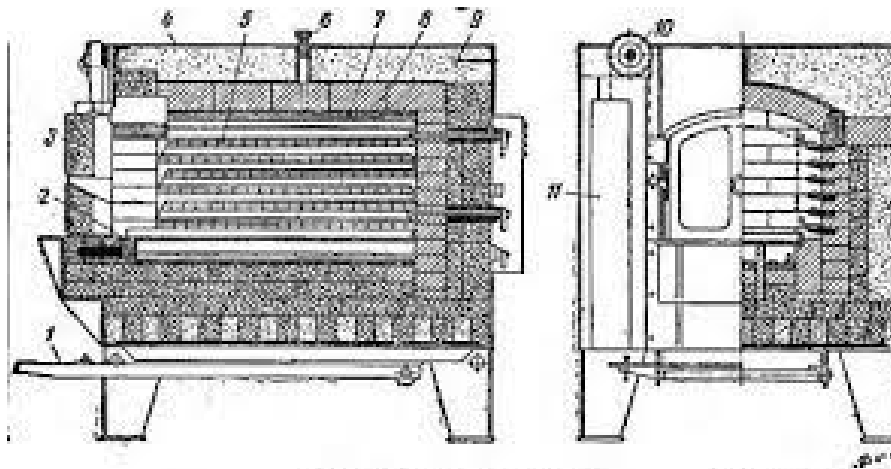
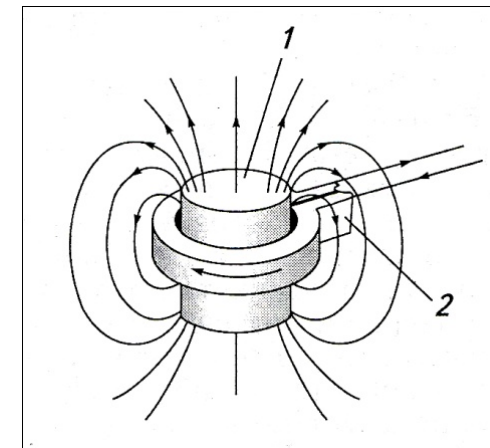


Рис. 54. Камерная печь

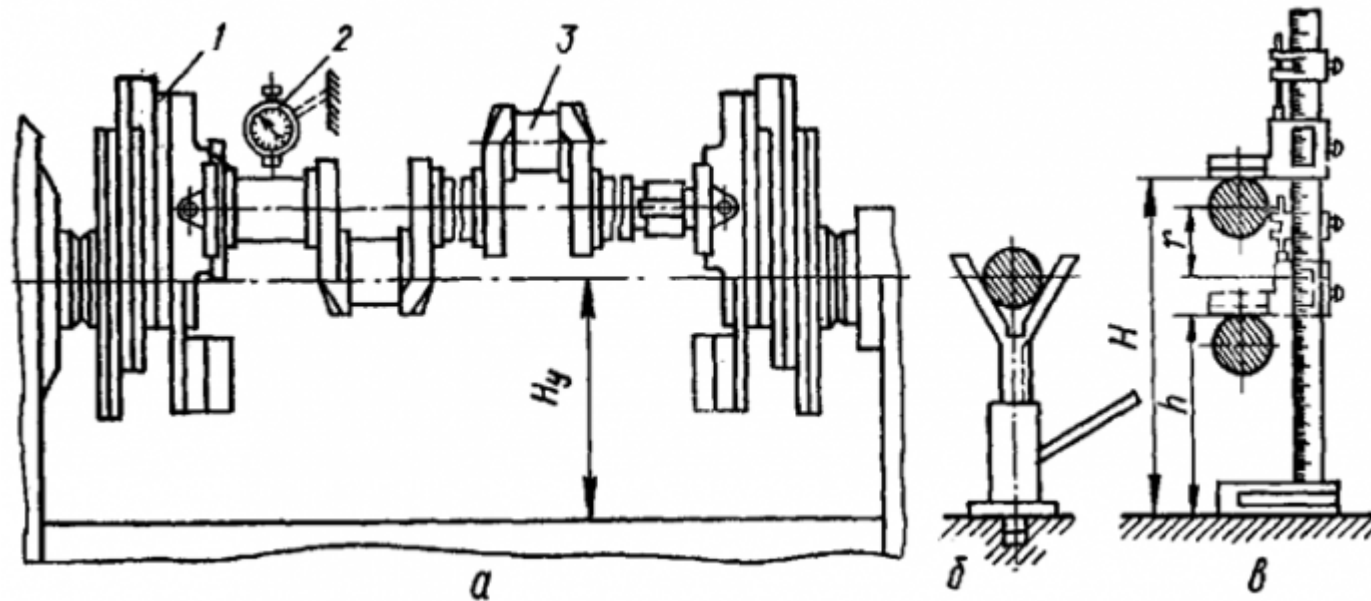
Бердичевський

Камерна електрична піч опору СНО



Індуктор і його магнітне поле:  
1 – виріб; 2 – індуктор

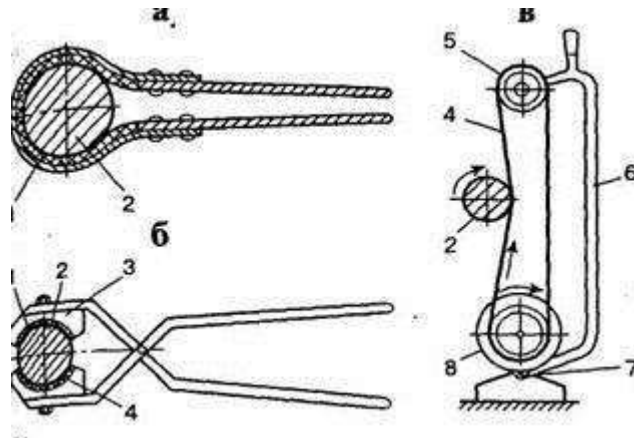
# Схема розташування колінчатого валу при шліфуванні



## Схема налаштування колінчатого валу при шліфуванні

1-Ділильна головка, 2-Індикатор годинникового типу, 3-Шийки колінчастого валу

# Пристосування для полірування шийок валів



Пристосування для полірування шийок валів:

а- прості ручні; в - з електроприводом:

1 – повстяне. 2 – шийка вала; 3 – обойма; 4 – абразивне полотно; 5 – ролик;  
6 – кронштейн; 7 – шарнір; 8 - електродвигун



## Висновки по роботі

---

1. Колінчаті вали, які не мають тріщин можуть підлягати ремонту та відновленню.
2. Ремонт має відбуватися згідно технічним вимогам до якості колінчатих валів.
3. Методи відновлення та підвищення зносостійкості вибираються у відповідності до можливостей ремонтних виробництв.
4. Ремонт колінчатого валу має закінчуватись контролем усіх розмірів і биття. Цей контроль має проводитись дуже ретельно.



Дякую за увагу!

---

Доповідь закінчена.