

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

Пояснювальна записка до дипломної роботи бакалавра

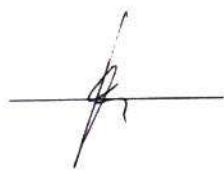
Галузь знань: 13 «Механічна інженерія»


Спеціальність: 132 «Матеріалознавство»

Освітньо-професійна програма: «Відновлення та технічний сервіс автомобілів»
на тему: «Відновлення розподільного валу самоскида КрАЗ-65055»

Шифр: ДРМТВАТАМ 23.20098.000. ПЗ

Виконав: студент 3 курсу, група МТВАс-20-2  Д.П. Громов

Керівник  к.т.н., доц. О.Ю. Рудик

До захисту допускаю:
Зав. кафедри ТАМ  Диха О.В.
8 06 2023_р.

Хмельницький, 2023 р.

РЕФЕРАТ

Бакалаврська робота студента гр. МТВАс-20-2 Громова Данііла Павловича на тему: «Відновлення розподільного валу самоскида КрАЗ-65055».

Обсяг пояснювальної записки – 56, кількість рисунків – 23, таблиць – 6, додатків – 1, кількість джерел згідно із переліком посилань – 30.

Об'єкт дослідження: розподільний вал двигуна ЯМЗ-238ДЕ2 самоскида КрАЗ-65055.

Мета роботи: розробка технологічного процесу відновлення розподільного валу двигуна ЯМЗ-238ДЕ2 самоскида КрАЗ-65055.

Актуальність теми: розподільний вал самоскида КрАЗ-65055 втрачає працездатність через втому матеріалу, зношування, механічні пошкодження. Тому задачею роботи є обґрунтування вибору матеріалу для його виготовлення, розробка технологій термообробки, відновлення, механічної обробки.

Новизна роботи: розроблений технологічний процес відновлення розподільного валу вібродуговим наплавленням вібруючим електродом. Розраховані параметри зварювального струму та призначене обладнання. Наведений технологічний процес механічної обробки розподільного валу.

Перелік ключових слів: КрАЗ-65055, ДВИГУН ЯМЗ-238ДЕ2, РОЗПОДІЛЬНИЙ ВАЛ; ВІДНОВЛЕННЯ.

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерної механіки
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 " березня 2023 р.

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Громову Даніілу Павловичу

1. Тема проекту:
«Відновлення розподільного валу самоскида КрАЗ-65055»

керівник проекту: Рудик Олександр Юхимович, к.т.н., доц.

Затверджено наказом університету від 1.03.2023 р. № 5 (Д_14)

2. Строк подання студентом проекту на кафедру: 10.06.2023 р.

3. Вихідні дані до проекту:

- 1) *Технічні умови на технологію відновлення розподільного валу самоскида КрАЗ-65055.*
- 2) *Результати літературного огляду і патентного пошуку.*

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

1. *Загальні відомості, історія та будова самоскида КрАЗ-65055 «Прораб»*
2. *Двигун ЯМЗ-238ДЕ2 для самоскида КрАЗ-65055*
3. *Вибір матеріалу розподільного валу ДВЗ ЯМЗ-238ДЕ2*
4. *Проектування ТП відновлення розподільного валу самоскида КрАЗ-65055*

5. Консультанти розділів роботи

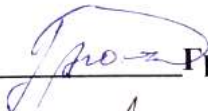
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

6. Дата видачі завдання: 20 березня 2023 р.


КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Огляд літературних джерел	01.05.2023	
2	Загальні відомості й технічна характеристика вантажного автомобіля ГАЗ-3307	05.05.2023	
3	Двигун ЗМЗ-511.1000402 Євро-0 для автомобіля ГАЗ-3307	10.05.2023	
4	Дефекти і несправності чавунного колінчастого валу	15.05.2023	
5	Вибір матеріалу колінчастого валу	22.05.2023	
6	Проектування ТП відновлення чавунного колінчастого валу двигуна ЗМЗ-511.1000402 Євро-0	30.05.2023	
7	Оформлення презентаційних матеріалів	10.06.2023	

Студент






Громов Д.П.

Керівник роботи


Рудик О.Ю.

Зміст

Перелік скорочень .....	.....
Вступ.....	.....
1 Загальні відомості, історія та будова самоскида КрАЗ-65055 «Прораб» .....	.....
1.1 Загальні відомості про самоскид КрАЗ-65055 .....	.....
1.2 Історія самоскида КрАЗ-65055 .....	.....
1.3 Будова самоскида КрАЗ-65055 .....	.....
2 Двигун ЯМЗ-238ДЕ2 для самоскида КрАЗ-65055 .....	.....
2.1 Загальні відомості про двигун ЯМЗ-238ДЕ2 .....	.....
2.2 Процес ремонту двигуна ЯМЗ-238ДЕ2 .....	.....
2.3 ГРМ дизельного ДВЗ ЯМЗ-238ДЕ2 .....	.....
2.4 Особливості конструкції розподільного валу	15
2.4.1 Визначення класу деталі	15
2.5 Аналіз дефектів розподільного валу	16
2.5.1 Основні дефекти розподільного валу	19
2.6 Ремонт розподільного валу	23
2.6.1 Миття та дефектація розподільного валу	23
2.7 Правка розподільного валу	24
3 Вибір матеріалу розподільного валу ДВЗ ЯМЗ-238ДЕ2	26
3.1 Обґрунтування вибору матеріалу розподільного валу	26
3.2 Механічні властивості сталі 45	27
3.3 Технологічні властивості сталі 45	29
3.4 Термічна обробка сталі 45	30

ДРМТВА 23.20098.000. ПЗ				
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата
Виконав	Громов			5 07
Перевір.	Рудик			06.07
Н.контр.	Бабак			06.07
Затвер.	Диха			8 06
Відновлення розподільного валу самоскида КрАЗ-65055				
		Літера	Аркуш	Аркушів
		9	4	56
ХНУгр.МТВАс-20-2				

Зміст

Перелік скорочень

Вступ.....

1 Загальні відомості, історія та будова самоскида КрАЗ-65055 «Прораб»

1.1 Загальні відомості про самоскид КрАЗ-65055

1.2 Історія самоскида КрАЗ-65055

1.3 Будова самоскида КрАЗ-65055

2 Двигун ЯМЗ-238ДЕ2 для самоскида КрАЗ-65055

2.1 Загальні відомості про двигун ЯМЗ-238ДЕ2

2.2 Процес ремонту двигуна ЯМЗ-238ДЕ2

2.3 ГРМ дизельного ДВЗ ЯМЗ-238ДЕ2

2.4 Особливості конструкції розподільного валу

2.4.1 Визначення класу деталі

2.5 Аналіз дефектів розподільного валу

2.5.1 Основні дефекти розподільного валу

2.6 Ремонт розподільного валу

2.6.1 Миття та дефектація розподільного валу

2.7 Правка розподільного валу

3 Вибір матеріалу розподільного валу ДВЗ ЯМЗ-238ДЕ2

3.1 Обґрунтування вибору матеріалу розподільного валу

3.2 Механічні властивості сталі 45

3.3 Технологічні властивості сталі 45

3.4 Термічна обробка сталі 45

					ДРМТВАТАМ 23.20098.000. ПЗ			
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата	Відновлення розподільного валу самоскида КрАЗ-65055	Літера	Аркуш	Аркушів
Виконав	Громов						4	
Перевір.	Рудик							
Н.контр.	Бабак					ХНУГр.МТВАс-20-2		
Затвер.	Диха							

- 3.4.1 Нормалізація поковок
- 3.5 Технологія термообробки розподільного валу
- 3.5.1 Гартування та відпускання розподільного валу
- 3.5.2 Контроль якості термообробки розподільного валу

4 Проектування ТП відновлення розподільного валу

самоскида КраЗ-65055.....

- 4.1 Загальні поняття про технології відновлення газорозподільних валів
- 4.2 Опис технології плазмового наплавлення розподільних валів
присадним порошком
- 4.3 Опис технології вібродугового наплавлення розподільних валів
вібруючим електродом
- 4.4 Розрахунок режимів вібродугового наплавлення розподільних валів
вібруючим електродом
- 4.5 ТП механічної обробки розподільного валу
- 4.6 Обрання технологічних баз для ТП обробки розподільного валу.....

Висновки по роботі.....

Список літератури.....

Додатки.....

					ДРМТВАТАМ 23.20098.000. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Перелік скорочень

ТП – технологічний процес.

СВЧ – – струм високої частоти.

ГРМ – газорозподільний механізм (або механізм газорозподілу).

ДВЗ – двигун внутрішнього згорання.

ТО – технічне обслуговування.

СЧ – сірий чавун.

ВЧ – високоміцний чавун.

БП – базова поверхня.

ЧБП – чорнові базові поверхні.

М_г – мартенсит гартування.

НРС – твердість за Роквеллом, [МПа].

ККД – коефіцієнт корисної дії.

КПП – коробка перемикачів передач.

НВ – твердість за Брінеллем, [МПа].

НРС – твердість за Роквеллом, [МПа].

Ra — позначення шорсткості поверхні (середнє арифметичне відхилення профілю в мкм).

					ДРМТВАТАМ 23.20098.000. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Вступ

Автотранспорт – одна з найважливіших галузей народного господарства. Практично немає жодного підприємства будівництва, сільського господарства, промисловості, які би не користувалися послугами автотранспорту. Його роль у задоволенні потреб населення в перевезеннях – величезна [1].

Автомобільний транспорт – наймобільніший з усіх існуючих видів транспорту, тому що він не залежить від наявності магістральних доріг: ним здійснюють транспортний зв'язок між організаціями, підприємствами, установами [2].

Найважливіша умова безперебійної та високопродуктивної роботи рухомого складу автотранспорту – забезпечення його сучасною виробничо-технічною базою з капітального ремонту автомобілів та агрегатів з відповідним відновленням зношених деталей. Головним завданням ремонтного виробництва є подальший розвиток централізованого ремонту вузлів автомобілів як найважливішої передумови впровадження прогресивних ТП, які забезпечують підвищення ефективності їх ремонту.

Деталі автомобілів втрачають працездатність через втому матеріалу, зношування, корозійні та механічні пошкодження. Деякі з них повністю втрачають працездатність, тому їх замінюють. А багато деталей мають залишковий ресурс і можуть бути використані повторно після їх відновлення.

Тому метою і задачею даної роботи є проектування ТП відновлення розподільного валу самоскида КрАЗ-65055 з відповідним обґрунтуванням вибору матеріалу для його виготовлення, розробкою технологій термообробки та відновлення.

					ДРМТВАТАМ 23.20098.000. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

1 Загальні відомості, історія та будова самоскида КрАЗ-65055

1.1 Загальні відомості про самоскид КрАЗ-65055

КрАЗ-6505 (англ. KrAZ-6505) — сімейство вантажівок Кременчугського автомобільного заводу з колісною формулою 6x4 – базова модель сімейства великотоннажних вантажних автомобілів, розроблених на базі моделей 250 і 260, яка включає у себе наступні модифікації: КрАЗ-65055 «Прораб» — самоскид з колісною формулою 6x4 і вантажопідйомністю 16 тон; КрАЗ-65053 — шасі з колісною формулою 6x4; самоскид КрАЗ-65032 з колісною формулою 6x6 (рис. 1.1) [3].



Рисунок 1.1 – Загальний вигляд самоскида КрАЗ-65055

1.2 Історія самоскида КрАЗ-65055

Роботи над створенням КрАЗ-65055 почалися в 1988 р.. Цей самоскид – модернізована версія дослідної вантажівки КрАЗ-6505, зразки якої були виготовлені у 1977 р. [3]. У 1994 р. почали виробляти шасі КрАЗ-65053, а у

						ДРМТВАТАМ 23.20098.000. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата			

1997 р. – самоскида КрАЗ-65055 (виготовили 1 серійний екземпляр). Рік початку великосерійного випуску – 2004 р., коли Кременчуцьким автозаводом було виготовлено 128 самоскидів КрАЗ-65055: з 1999 по 2008 р. р. випустили 4058 автомобілів цієї моделі.

У 2009 р. провели модернізацію стандартного «65055», яка отримала назву КрАЗ-65055 «Гірник-М» (замість «Прораб»). Ця модернізація з «американським» двигуном китайського виробництва може перевозити 20 т вантажу. З 2015 р. на вантажівки КрАЗ-65053 і КрАЗ-65055 встановлюються двигуни Євро-4 у парі з коробкою передач 9JS200TA і зчепленням MFZ-430 [3].

1.3 Будова самоскида КрАЗ-65055

Автомобілі КрАЗ-65055 комплектують:

– турбодизельними двигунами ЯМЗ-238ДЕ2 V8 потужністю 330 к. с. при $n = 2100$ об./хв. (1247 Нм при $n = 1100 - 1300$ об./хв.), ЯМЗ-238Д V8 потужністю 300 к. с. при $n = 2100$ об./хв. (1180 Нм при $n = 1200 - 1400$ об./хв.), або ЯМЗ-238Б V8 потужністю 288 к. с. при $n = 2100$ об./хв. (1140 Нм при $n = 1200 - 1400$ об./хв.);

– однодисковим сухим зчепленням ЯМЗ-183;

– восьмиступінчастою КПП та розвивають швидкість $V = 90$ км/год.

Усі автомобілі даного сімейства оснащують ведучими мостами «Роквелл» (Rockwell), на відміну від сімейства КрАЗ-6510 [3].

Рульовий механізм КрАЗ-65055 – механічний з гідروпідсилювачем (або інтегральний з вбудованим гідропідсилювачем). Передня підвіска – залежна (на 2-х поздовжніх напівеліптичних листових ресорах з 2-а гідравлічними амортизаторами. Задня підвіска - залежна (балансирного типу, на двох поздовжніх напівеліптичних листових ресорах) [3].

На вимогу замовника автомобіль КрАЗ може комплектуватися:

					ДРМТВАТАМ 23.20098.000. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

- передпусковим підігрівником;
- додатковим нагрівником кабіни;
- заднім бортом платформи, що відкривається [4].

					ДРМТВАТАМ 23.20098.000. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

2 Двигун ЯМЗ-238ДЕ2 для самоскида КрАЗ-65055

2.1 Загальні відомості про двигун ЯМЗ-238ДЕ2

Двигун ЯМЗ-238ДЕ2 – один із самих затребуваних дизельних двигунів внутрішнього згоряння (рис. 2.1, А1, А2, А3) [5].

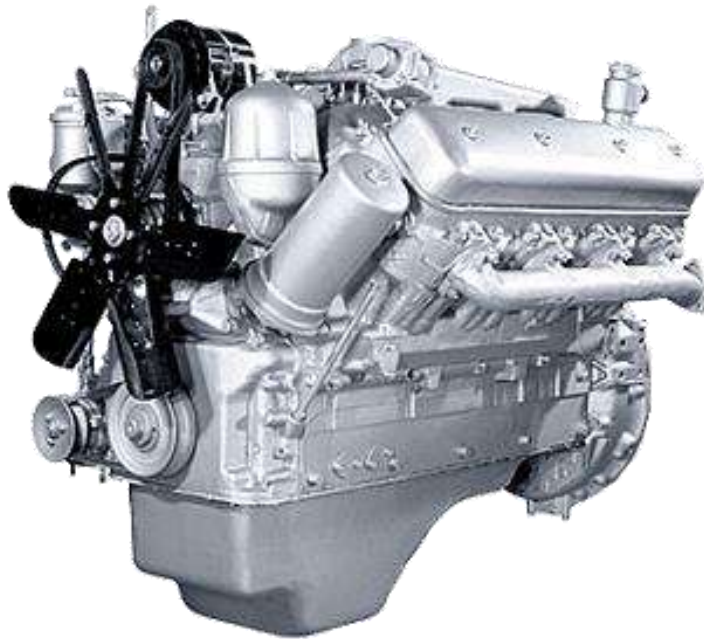


Рисунок 2.1 – Зовнішній вигляд двигуна ЯМЗ-238ДЕ2

Завдяки високому крутному моменту та надійності дана модель двигуна одержала досить широке визнання серед водіїв, але двигун рано або пізно вимагає ремонту [6].

Щоб підготувати двигун до ремонту, потрібно його зняти з автівки. Мотор важкий, тому до процесу знімання потрібно підходити відповідально. З цією метою використовують піднімальний механізм. У більшості випадків двигун знімають з автомобіля ланцюгом і лебідкою чотирма сталевими гаками.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

ДРМТВАТАМ 23.20098.000. ПЗ

Арк.

2.2 Процес ремонту двигуна ЯМЗ-238ДЕ2

Процес здійснення ремонту двигуна передбачає його розбирання та заміну одних вузлів на інші. Отже, необхідно використати стенди, призначені складання й розбирання двигунів [6].

Потужний та економічний силовий агрегат ЯМЗ-238ДЕ2 – надійний і зручний в експлуатації [7 – 8].

2.3 ГРМ дизельного ДВЗ ЯМЗ-238ДЕ2

Відповідно до тактів роботи двигуна й порядком роботи циліндрів, газорозподільний механізм впускає повітря в камеру згоряння й вилучає відпрацьовані гази [5].

Основні деталі ГРМ ЯМЗ-238ДЕ2 (рис. 2.2, [9]):

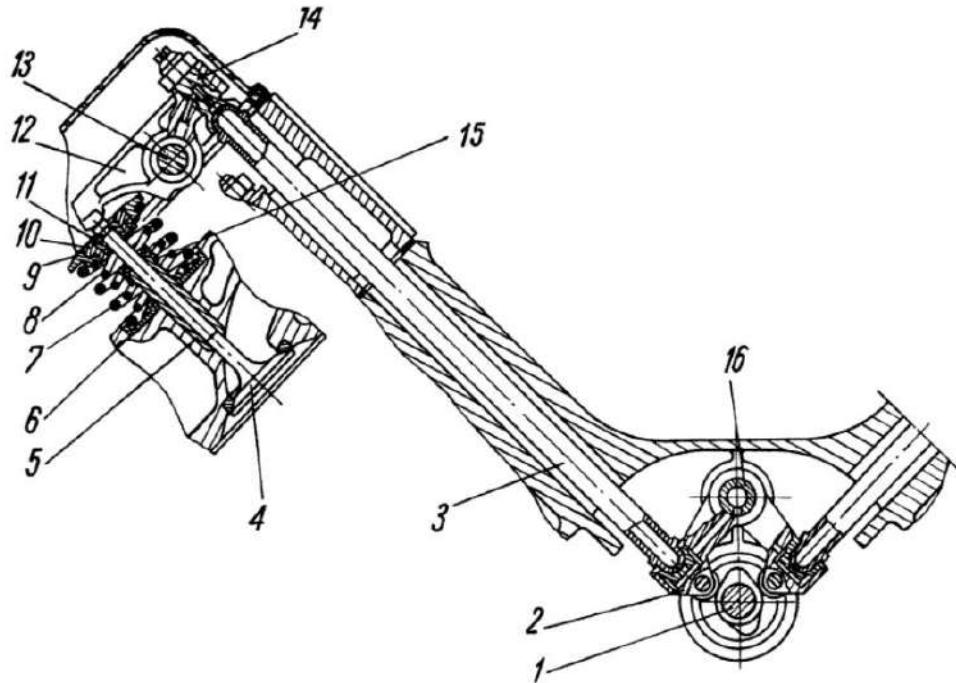
- розподільний вал із шестірнею привода й підшипниками;
- штовхачі;
- осі штовхачів;
- штанги;
- коромисла з регулювальними гвинтами;
- осі коромисел;
- клапани;
- пружини клапанів з деталями кріплення;
- напрямні втулки клапанів.

Привод клапанів здійснюють від розподільного валу 1 через роликові штовхачі 2, трубчасті штанги 3 і коромисла 12 з регулювальними гвинтами 14.

Розподільний вал – штампована сталь із загартованими СВЧ опорними шийками й кулачками для підвищення зносостійкості. Він міститься у верхній частині картера блоку циліндрів, а приводиться в обертання через дві косозубі

					ДРМТВАТАМ 23.20098.000. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

шестірні (їх встановлюють по мітках, які вибиті на торцях зубчастих вінців) від переднього кінця колінчастого валу.



1 – Вал розподільний ; 2 – Штовхачі; 3 – Штанги штовхачів; 4 – Клапани; 5 – Втулки клапанів напрямні; 6 – Шайбі пружин клапанів; 7 – Пружини зовнішні; 8 – Пружини внутрішні; 9 – Тарілки пружин клапанів; 10 – Втулки тарілок пружин клапанів; 11 – Сухарі клапанів; 12 – Коромисла клапанів; 13 – Осі коромисел; 14 – Гвинти коромисел регулювальні; 15 – Манжети ущільнювальні; 16 – Осі штовхачів

Рисунок 2.2 – ГРМ ЯМЗ-238ДЕ2

Підшипниками розподільного валу є бронзові втулки, які запресували у розточки блоку циліндрів.

Подовжнє зміщення валу обмежують упорним фланцем, який встановлено між передньою опорною шийкою валу й матчиною шестерні.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

ДРМТВАТАМ 23.20098.000. ПЗ

Арк.

Після установавання розподільного валу з шестернею у блок циліндрів фланець кріплять болтами з пружинними шайбами до переднього торця блоку. При цьому осьовий люфт валу складає (0,08 – 0,21) мм [10 – 12].

Штовхачі клапана – сталеві, штамповані, коливального типу з роликом для контакту з кулачками розподільного валу.

Ролик встановлено на осі, яку запресували в отвори штовхача та закернили з обох сторін, щоб не випала. Між роликом та віссю встановили плаваючу втулку, виготовлену з підшипникової сталі.

У маточину штовхача запресували 2 тонкостінні бронзові втулки: зазор між ними слугує масляною порожниною, щоб підвести мастило від штанг до осі штовхальників. Для спряження зі штангою у розточку штовхача запресували сталеву загартовану п'яту.

Штовхачі підвішали на трубчастих осях, які встановили у розточки блоку циліндрів у чавунних втулках. З них передню запресували у блок, а інші встановили із зазором. Щоб осі не переміщувались у поздовжньому напрямку, їх стопорять спереду виступом упорного фланця розподільного валу, а ззаду – картером маховика.

Штанги штовхачів виготовлені зі сталі, трубчасті. На кінцях з висаджені сферичні поверхні. Щоб підвищити їх зносостійкість, застосували гартування СВЧ.

Коромисла клапанів виготовлено зі сталі, проштамповано і запресували у маточину тонкостінну бронзову втулку. Щоб контактувати з клапаном, на кінці довгого плеча коромисла виконали п'яту з циліндричною опорною поверхнею, яку загартували СВЧ. Коротке плече коромисла закінчується бобишкою з різьбовим отвором M12x1, в який укручено регулювальний гвинт зі сферичним гніздом під штангу на одному кінці та пазом під викрутку на іншому. Гвинт стопорять гайкою від відкручування.

Коромисла установили на індивідуальні осі та застопорили від спадання стопорними кільцями з упорними шайбами. Осі коромисел встановлені на голівку циліндрів по 2-х циліндричних штифтах (їх запресували в осі з боку опорної поверхні) і прикріплені до голівки циліндрів за допомогою шпильок та гайок.

Впускні та випускні клапани виготовляють із спеціальних жароміцних сталей. Робочу фаску випускного клапана наплавляли жароміцним сплавом «стеліт», а до стержня приварено наконечник з легованої сталі. Щоб підвищити зносостійкість, торці стержнів випускних і впускних клапанів загартовано СВЧ.

Клапани переміщуються у металокерамічних напрямних втулках, які запресували у голівку циліндрів. На втулки впускних клапанів встановили манжети ущільнювачів.

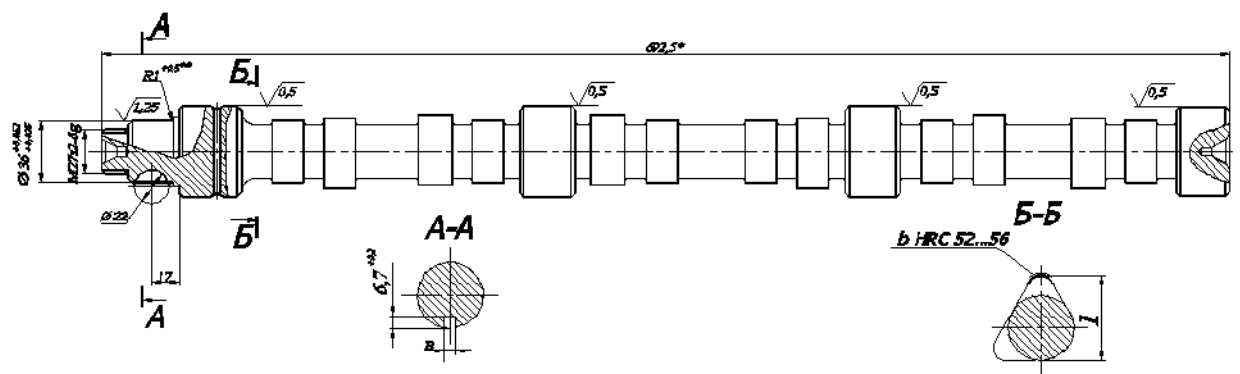
Клапани підтискають до сідел 2-а гвинтовими циліндричними пружинами з різним напрямком навивки. Пружини одним кінцем упирають в опорні шайби, які встановили у цеківки на голівці циліндрів, а іншим – у тарілку пружин, яку закріпили на стержні клапана проміжною втулкою і 2-х конічних сухарів. Втулки між тарілкою пружин і клапаном допомагають повороту клапанів при роботі двигуна та забезпечують рівномірне зношування стержнів клапанів і фасок при експлуатації двигуна.

2.4 Особливості конструкції розподільного валу

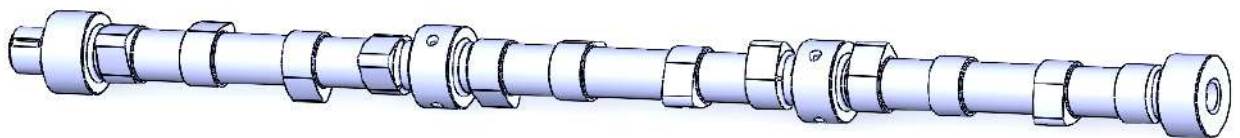
2.4.1 Визначення класу деталі

Розподільний вал (рис. 2.3) відносять до класу комплектуючих деталей. Його найбільш характерні дефекти усувають токарною та слюсарною обробкою після відновлення [10].

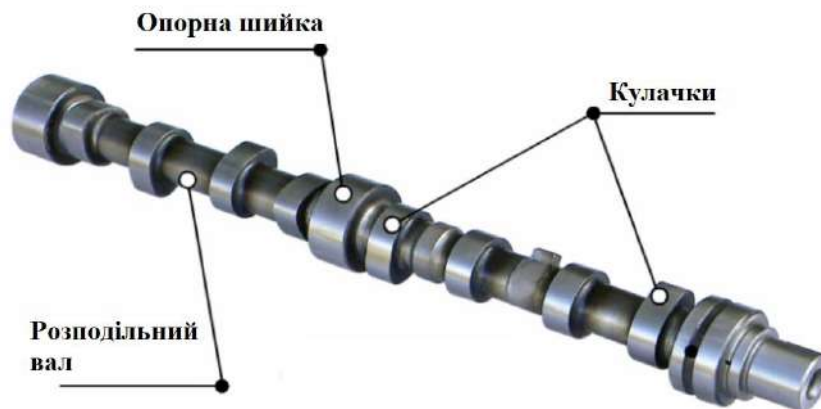
					ДРМТВАТАМ 23.20098.000. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		



а



б



в

Рисунок 2.3 – Розподільний вал:

а – креслення (AutoCAD); б – твердотільна модель (SolidWorks); в – пояснення

2.5 Аналіз дефектів розподільного валу

Помилки конструювання, порушення ТП виробництва, ТО і ремонту автомобілів, а також неправильна експлуатація призводять до виникнення

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

ДРМТВАТАМ 23.20098.000. ПЗ

Арк.

дефектів (дефект – це кожна окрема невідповідність продукції вимогам, які встановлені нормативною документацією [11]).

Дефекти деталей за місцем розташування ділять на дефекти:

- локальні;
- в усьому об'ємі або по усій поверхні (невідповідність хімічного складу, якості механічної обробки тощо);
- в обмежених зонах об'єму або поверхні деталі (корозія, неповне гартування тощо); місцезнаходження дефекту буває внутрішнім (глибинним) і зовнішнім (поверхневим чи підповерхневим).

За можливістю виправлення дефекти класифікують на усувими (технічно можливо та економічно доцільно виправити) й неусувими.

За віддзеркаленням у нормативній документації дефекти діляться на приховані (щоб його виправити, у нормативній документації не передбачені необхідні правила, методи і засоби контролю) та явні [12].

З причин виникнення дефекти підрозділяються на конструктивні, виробничі та експлуатаційні.

Конструктивні дефекти — це невідповідність вимогам технічного завдання або встановленим правилам розробки деталі. Їх причини:

- помилковий вибір матеріалу деталі;
- невірне визначення її розмірів;
- невірне призначення режиму термічної обробки.

Ці дефекти – наслідок недосконалості конструкції та помилок через порушення:

- контакту (виникає внаслідок зменшення площі прилягання поверхні у деталей, що сполучаються; тому втрачається герметичність з'єднань і збільшуються ударні навантаження);
- посадки деталей (збільшується зазор або зменшується натяг);

– розмірних ланцюгів (відбувається через зміну співвісності, перпендикулярності, паралельності; це призводить до збільшенню навантаження, зміни геометричної форми, нагріву та руйнування деталей).

Дефекти, які виникають у деталей в цілому:

– порушення цілісності через механічні ушкодження: обломи, тріщини, розриви тощо, які виникають через перевищення допустимих навантажень у процесі експлуатації та корозійні, ерозійні чи кавітаційні поразки;

– невідповідність форми через скручування, вигин, вм'ятини тощо, які впливають на деталь через втому її матеріалу внаслідок циклічних знакозмінних чи ударних навантажень; при впливі на деталь динамічних навантажень у них може виникнути деформація;

– невідповідність розмірів деталей (неплощинність, нециліндричність тощо, які відбуваються через їх зношування) і взаємного розташування поверхонь (неспіввісність, неперпендикулярність тощо, які відбуваються внутрішньої напруження або залишкові деформації).

Фізико-механічні властивості матеріалу деталей змінюються через їх нагрівання у процесі роботи і виражаються у зниженні твердості [11].

Корозійні ушкодження (плями, суцільні окисні плівки, раковини тощо) виникають через хімічну або електрохімічну взаємодію і дію на поверхню деталі струменя рідини. Ерозійні поразки металу виникають через безперервний контакт поверхні деталі з потоком рідини. В результаті утворюються плівки оксидів, які при терті рідини по металу руйнуються і вилучаються з поверхні з утворенням плям, смуг тощо [12].

Кавітаційні пошкодження поверхні деталі відбуваються при порушенні суцільності потоку рідини з утворенням пухирів кавітацій. Вони з великою швидкістю зменшуються в об'ємі, а це призводить до гідравлічного удару рідини по поверхні металу.

Щоб вибрати спосіб і технологію відновлення, потрібно враховувати розміри дефектів, відхилення фактичних розмірів і форми деталей від номінальних значень. Тому виділяють 3 групи розмірів: до 0,5 мм; (0,5 – 2) мм і > 2 мм [13].

Виробничі дефекти, це невідповідність вимогам нормативної документації на:

- виготовлення;
- ремонт;
- постачання продукції.

Вони виникають через порушення ТП під час виготовлення чи відновлення деталей.

Експлуатаційні – це дефекти, виникаючі через зношування, втому, корозію, неправильну експлуатацію деталей. Наслідок:

- зміна геометричної форми та розмірів робочих поверхонь;
- порушення точності взаємного розташування робочих поверхонь;
- механічні ушкодження;
- корозійні ушкодження;
- зміна фізико-механічних властивостей матеріалу деталей.

Дефекти, які виникають у складальних одиницях:

- втрата жорсткості з'єднання через послаблення різьбових і заклепувальних з'єднань;
- порушення контакту поверхонь, посадки деталей і розмірних ланцюгів [14].

2.5.1 Основні дефекти розподільного валу

До основних дефектів розподільного валу відносять [10 – 15]:

- відколи по торцях вершин кулачків (бракують понад 3 мм);

					ДРМТВАТАМ 23.20098.000. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

- вигин валу (ремонтують правкою);
- знос опорних шийок (ремонтують шліфуванням до ремонтного розміру);
- знос шийки під розподільну шестерню (ремонтують наплавленням);
- знос шийки під ексцентрик (ремонтують наплавленням);
- зменшення циліндричної частини випускних кулачків;
- знос випускних кулачків по висоті (ремонтують шліфуванням кулачків по копіру);
- зменшення циліндричної частини впускних кулачків;
- знос впускних кулачків по висоті (ремонтують шліфуванням кулачків по копіру);
- вироблення на поверхні зубів шестерні (бракують);
- знос шпонкової канавки (ремонтують заварюванням);
- знос внутрішньої різьби (розточують і наплавляють).

Технічні умови на дефектацію оформляються таблицею. У ній вказуються можливі дефекти з розмірами, способи їх дефініції з вимірювальним інструментом, можливі способи усунення.

Технологічні умови на дефектацію, категорійні ремонтні розміри і технічні вимоги до відремонтованого розподільного валу наведені у табл. 2.1, 2.2, 2.3 і на рис. 2.4.

Таблиця 2.1 – Технологічні умови на дефектацію розподільного валу

№ дефекту	Позиція на рисунку	Можливий дефект	Спосіб установлення дефекту та засобу контролю	Розмір чи параметр, мм		Висновок
				номінальний	гранично допустимий без ремонту	
1	2	3	4	5	6	7
1	-	Тріщини чи обломи	Огляд Дефектоскоп	-	-	Бракувати

Таблиця 2.3 – Технічні вимоги до відремонтованого розподільного валу

Вимоги	№ дефекту
Допуск радіального биття середніх опорних шийок відносно загальної осі крайніх шийок після правки $-0,04$ мм	6
Допуск округлості і допуск профілю поздовжнього перерізу поверхонь Г і Д	3
Шорсткість поверхонь Г і Д не повинна бути $> Ra 0,5$ мкм	3
При обробці кулачків по копіру на шийці валу між кулачками 1-го циліндра потрібно нанести ударним методом клеймо «Р» висотою $h = 5$ мм	4

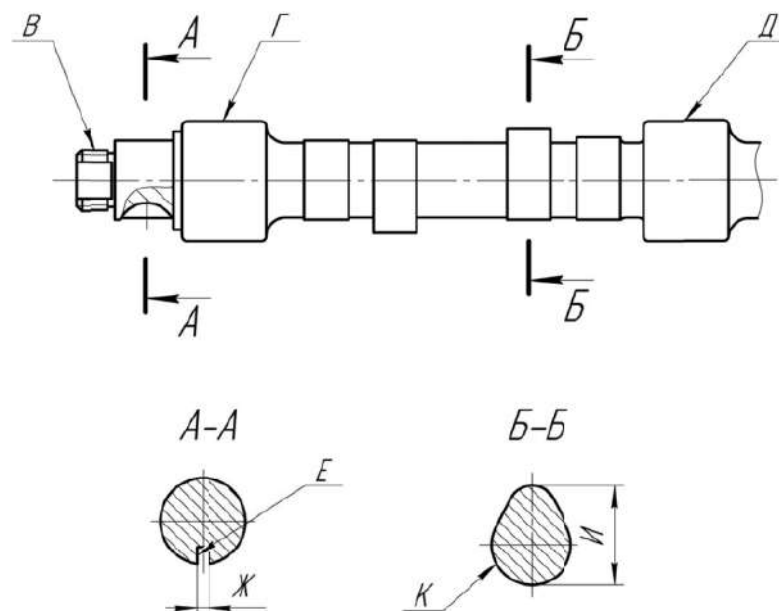


Рисунок 2.4 – Позначення поверхонь для дефектування розподільного валу

Профілі випускних і впускних кулачків різні. Поверхні опорних шийок та кулачків гартують СВЧ на глибину (2 – 5) мм до твердості HRC 52-56. На передньому кінці валу розмістили маточину із шпонковою канавкою під

шестерню розподільну. Нарізний кінець валу оснащений 2-а лисками, щоб фіксувати стопорну гайку шестерні [21].

Вимоги до розподільного валу [21]:

- шорсткість робочих поверхонь кулачків має бути в межах 0,32 – 0,63 мкм, а опорних шийок; $Ra = (0,32 - 0,25)$ мкм;
- овальність і конусність шийок не $> 0,01$ мм;
- радіальне биття опорних шийок не $> (0,015 - 0,02)$ мм;
- неперпендикулярність опорного торця шийки до твірної $(0,02 - 0,03)$ мм;
- шорсткість поверхні валу $Ra = (0,8 - 1,25)$ мкм.

Спрацювання кулачків розподільного валу визначається штангенциркулем чи штангенглибиноміром за розміщенням поршня на такті стиску у верхній мертвій точці [21]:

- вимірюється відстань від поверхні головки циліндрів до торця клапана;
- прокручують колінчастий вал двигуна до повного відкриття клапана і знову вимірюють цю відстань.

2.6 Ремонт розподільного валу

2.6.1 Миття та дефектація розподільного валу

Особливість миття розподільного валу – застосування спеціального пристрою до мийної машини ОМ-3500 для промивання масляних каналів [15].

Очищені вали прибувають на стіл дефектувальника ОРГ-1468-01-090А з:

- магнітним дефектоскопом МД-500;
- шафою з набором інструменту ОРГ-1661;
- контрольним пристроєм 05.12.225;

					ДРМТВАТАМ 23.20098.000. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

- шаблоном для контролю шпонкового паза;
- штангенциркулем ШЦ-11-160-0,05.

За наявності тріщин, сколів, викришувань розподільний вал не приймають на відновлення. Для кулачків – це [15]:

- перешліфування аж до виведення слідів зносу;
- металізація;
- газове наплавлення;
- вібродугове, електродугове, газовополуменеве, індукційне, плазмове та лазерне наплавлення;
- хромування;
- електроконтактне напікання порошків.

2.7 Правка розподільного валу

Під дією теплових напружень та експлуатаційних навантажень, які виникають при наплавленні кулачків, розподільний вал згинається. Усувають деформацію валу 2-ма способами [15]:

- гарячий спосіб (трудомісткий і тривалий) – це нагрів валу з подальшою правкою до повного охолодження;
- холодна правка (на спеціальній установці) скорочує трудовитрати та робочий цикл, але не усувається релаксація напружень у відрихтованому вигляді; вал встановлюється на опорні призми установки при з'єднанні його кінця з приводом обертання; максимальний прогин валу визначається датчиком, який розміщений під центральною шийкою.

Контроль різьби здійснюють різьбовим кільцем ДЕСТ 7764 72. При значних пошкодженнях різьбові отвори відновлюються через [15]:

- встановлення у них пробок з наступним нарізанням різьби;
- нарізанням різьби збільшеного розміру;

					ДРМТВАТАМ 23.20098.000. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

- заварювання різьбового отвору, свердління і нарізання нової різьби;
- встановлення різьбових спіральних вставок.

ТП відновлення передбачає:

- розсвердлювання різьбових отворів;
- нарізання різьби під спіральну вставку;
- встановлення спіральної вставки у різьбовий отвір;
- вилучення повідка, у який встановлена спіральна вставка;
- контроль різьбового отвору після відновлення.

Різьбові отвори розсвердлюються по кондуктору на радіально-свердлильному верстаті за таким режимом: швидкість різання $v = 30$ м/хв., частота обертання шпинделя $n = (400 - 500)$ хв.⁻¹, ручна подача [15].

Зміщення осей отворів не повинно перевищувати 0,15 мм, а глибина свердління – відповідає глибині отвору з різьбою, яка нарізується машинно-ручними мітчиками при швидкості різання $v = 4,5$ м/хв. і частота обертання шпинделя $n = (60 - 80)$ хв.⁻¹.

Нарізна різьба контролюється різьбовим калібром: непрохідний «НЕ» повинен закручуватися не > як на 3,5 оберту, а прохідний «ПР» — на усю глибину різьби. Щоб установити різьбові вставки, використовують пристрої ПИМ-5526.

					ДРМТВАТАМ 23.20098.000. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

3 Вибір матеріалу розподільного валу ДВЗ ЯМЗ-238ДЕ2

3.1 Обґрунтування вибору матеріалу розподільного валу

Вибір матеріалу – відповідальне завдання, яке зумовлює надійність та довговічність деталі та конструкції в цілому. Наслідок неправильного вибору матеріалу – незадовільна якість автомашин [16].

Вибраний матеріал має забезпечувати потрібну конструкційну міцність, володіти оптимальними технологічними властивостями, бути найбільш дешевим [16].

На сьогодні використовують наступні матеріали розподільних валів [21]:

1. Сталі 40, 45, 50 (вали виготовляють гарячим штампуванням з наступним зміцненням опорних шийок і кулачків гартуванням СВЧ).

2. Сталі 20Х, 18ХГТ тощо (зміцнюють цементацією з наступним поверхневим гартуванням шийок і кулачків СВЧ: полегшується обробка поверхонь різанням але зростає загальна трудомісткість та складність термообробки).

3. Перлітний СЧ і ВЧ (зміцнюють поверхневим гартуванням опорних шийок і кулачків СВЧ або відбіленням носиків кулачків).

Вуглецева конструкційна якісна сталь ферито-перлітного класу Сталь 45 – одна з найпопулярніших внаслідок оптимального поєднання малої ціни й високих споживчих якостей. Схожі за складом і властивостям – сталі 40Х, 50, 50Г2 [17-20].

Виготовляють сталь 45 і поставляють на виробництво деталей у вигляді сортового і фасонного прокату (каліброваних і шліфованих прутків, тонко- і товстолистового прокату, дроту, труб, стрічок, смуг тощо).

Концентрація вуглецю у сталі 45 варіюється у межах (0,42 – 0,5)%, що обумовлює високий показник твердості металу. Крім того, до складу сталі

					ДРМТВАТАМ 23.20098.000. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

входять: марганець, кремній, нікель, хром, сірка, мідь, фосфор, миш'як: загальний відсотковий вміст домішок – max 2,57 %, а міра розкислювання – *сп.*

Густина сталі 45 – 7826 кг/м³. Ця величина вписується у рамки середнього значення щільності конструкційної сталі (7700 – 7900 кг/м³).

Критичні точки (точки Чернова), при яких відбувається зміна структури металу і фазового стану: $A_{c1} = 730 \text{ }^\circ\text{C}$, $A_{c3} = 755 \text{ }^\circ\text{C}$, $A_{r1} = 690 \text{ }^\circ\text{C}$, $A_{r3} = 780 \text{ }^\circ\text{C}$ [17].

3.2 Механічні властивості сталі 45

Щоб отримати данні механічних властивостей металу на спеціальному устаткуванні проводяться спеціальні випробування. На значення отриманих параметрів чинять вплив:

- температура випробувань;
- хімічний склад сталі;
- вид і тривалість термічної обробки (гартування, відпал, відпускання);
- геометричні розміри заготовок.

Наприклад, нормалізацією (попередньою термообробкою) покращують процес різання; гартуванням збільшують міцність, твердість, стійкість до зносу тощо: маніпуляція цими чинниками добиваються посилення чи послаблення властивостей сталі. Причому, термічній обробці піддають як заготовки, так і готові деталі.

Границю міцності вимірюють в кгс/см² (МПА). Випробування на міцність проводять на спеціальних приладах: 1-н кінець деталі закріплюють нерухомо у лещатах, інший прикріплюють до гідравлічного чи механічного приводу. Плавна наростаюча сила (на стискування, розрив, скручування або вигин – 4 варіанти) фіксують електронними пристроями. Максимальна сила, при якій починає руйнуватися метал, є порогом міцності. Так як випробування

					ДРМТВАТАМ 23.20098.000. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

проводять у 4-х варіантах, то розрізняють межу міцності на стискування, розрив, скручування або вигин. Так, для сталі 45 межа міцності при розтягуванні складає (550 – 690) МПа.

Границя текучості пов'язана з попереднім параметром – це напруження на розрив, при якому без нарощування навантаження починаються безповоротні деструктивні процеси руйнування металу (кристалічної ґратки).

Границя текучості сталі 45 при підвищенні температури випробувань від 200 °С до 1200 °С падає від 340 МПа до 15 МПа.

Твердість – це здатність сталі чинити опір статичній (динамічній, кінематичній) дії інденторам, виготовлених з алмазу чи дуже твердих сплавів. Способи вимірювання твердості – за Брінеллем, Роквеллом, Віккерсом, методом Шора.

Згідно ДСТУ 7809 твердість деталей зі сталі 45:

- гарячекатаної без термообробки – 229 НВ;
- гарячекатаної після відпалу або високого відпускання – 197 НВ;
- каліброваної (після гартування) – 241 НВ;
- каліброваної (після відпалу або високого відпускання) – 197 НВ.

Пластичність (вимірюють у МПа) – властивість металу, нездоляюча йому розтріскуватися і ламатися під впливом навантажень. Пластичний метал при скручуванні, розтягуванні, стискуванні або перед досягненням порогу плинності збереже первинну форму, а за межами порогу плинності – деформується, зігнеться, але не трісне і не зламається.

Ударна в'язкість відображає силу, після прикладення якої відбувається крихке руйнування металу. Цей параметр залежить від:

- температури експлуатації деталей;
- мікроструктури металу;
- чистоти сталі або від наявності певних домішок у сплаві.

Залежність ударної в'язкості від виду термічної обробки демонструє наступний приклад. При випробуванні сталевих прутків $\varnothing 25$ мм з різним типом термічної обробки і при $t = 20$ °С результати наступні (Дж/см²):

- для гарячекатаного прутка – (14 – 15);
- для прутка після відпалу – (42 – 47);
- для прутка з нормалізацією – (49 – 52);
- для прутка з термічною обробкою типу загартування та відпустки – (110 – 123).

При зниженні температури випробувань до $t = -60$ °С ударна в'язкість знижується (метал стає крихким).

3.3 Технологічні властивості сталі 45

Сталь 45:

- важко зварювана (3 група зварюваності);
- не чутлива до утворення флокенів;
- не схильна до відпускної крихкості;
- кування проводять при початковій $t = 1250$ °С;
- різання не просте через низький показник прожарюваності;
- слабкі антикорозійні властивості.

Сталь 45 чутлива до концентрації напружень і схильна до утворення тріщин у місцях зварювання. Тому зварювані заготовки заздалегідь прогривають і прогривають у процесі зварювання для отримання рівномірних швів (для листа товщиною $h = 15$ мм температура прогривання $t = 100$ °С). Рекомендують наступні електроди для зварювання: УОНИ-13/45 та УОНИ-13/55. Якість швів перевіряють по закінченню зварювальних робіт наступними методами:

- ультразвукової діагностики;
- рентгеном;

					ДРМТВАТАМ 23.20098.000. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

– навантаження (шов навантажують на 30% більше за передбачуване).

Розшифрування марки Сталь 45: у ній міститься 0,45% вуглецю, а інші домішки вкрай незначні. Хімічний склад матеріалу розподільного валу (сталі 45) наведено у табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Сталь 45: масова доля елементів, %

Вуглець, С	Кремній, Si	Марганець, Mn	Фосфор, P	Сірка, S	Хром, Cr	Мідь, Cu	Нікель, Ni
0,42 – 0,50	0,17 – 0,37	0,50 – 0,80	<0,035	<0,04	<0,25	<0,25	<0,25

3.4 Термічна обробка сталі 45

3.4.1 Нормалізація поковок

Нормалізація – вид термічної обробки, при якому сталь нагрівають вище точки A_{c3} на (30 – 50) °С, витримують при даній температурі, й охолоджують на повітрі (рис. 3.1).

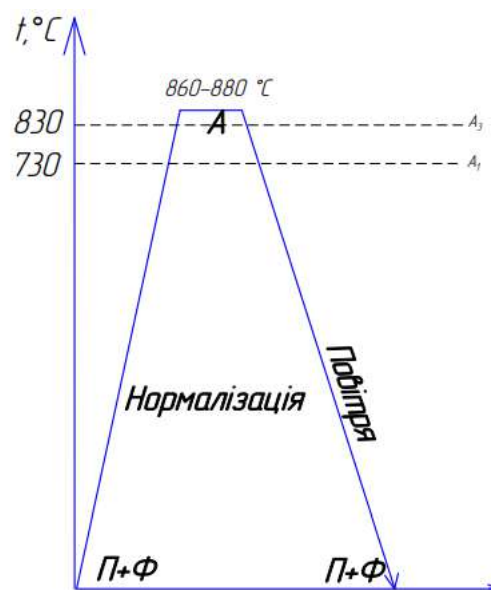
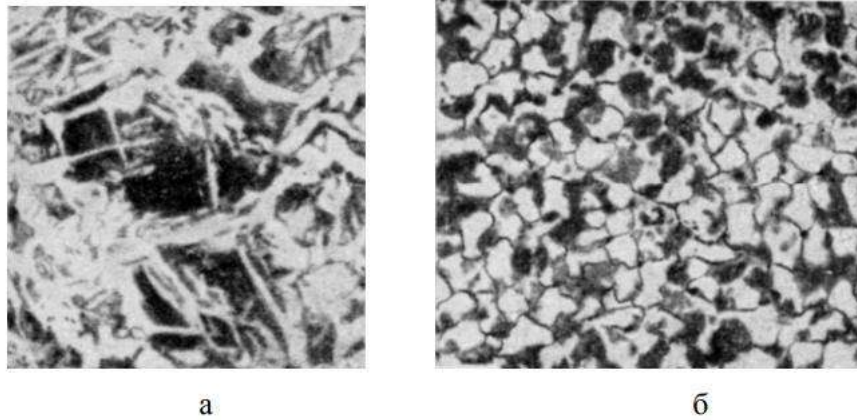


Рисунок 3.1 – Графік режиму нормалізації прокату зі сталі 45

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

Нормалізація призводить до повної фазової перекристалізації сталі: замість вихідної крупнозернистої структури, сформованої у процесі отримання прокату, отримується рівноважна дрібнозерниста структура [21] (рис. 3.2).



**Рисунок 3.2 – Мікроструктура сталі 45:
а – до нормалізації, б – після нормалізації, х300**

Нагрівання сталі 45 призводить до перлітно-аустенітного перетворення, початок якого супроводжується утворенням перших зерен аустеніту (на границі між цементитом і феритом – структурними складовими перліту). Так як ця границя нечітка, то спочатку утворюється багато дрібних зерен. А після закінчення перетворення перліту в аустеніт утворюються дрібнодисперсні аустенітні зерна, розмір яких характеризує величину початкового зерна аустеніту [21].

Подальше нагрівання (або витримка) після перетворення призводить до зростання аустенітних зерен – процесу, який протікає спонтанно, так як при ньому зменшується сумарна площа поверхні зерен (поверхнева енергія).

Під час нагрівання до температури, вище точки A_{c3} на $(30 - 50) ^\circ\text{C}$, утворюється аустеніт, який характеризується дрібним зерном. Тому під час охолодження утворюється дрібнозерниста структура, яка забезпечує високу пластичність і в'язкість, що значно покращує оброблюваність деталі різанням [21].

3.5 Технологія термообробки розподільного валу

3.5.1 Гартування та відпускання розподільного валу

Графік режиму термообробки наведено на рис. 3.3. Вали нагрівають то $t = 820\text{ }^{\circ}\text{C}$, витримують при цій t 15 хв. й охолоджують у воді. Після гартування розподільний вал відпускають при $t = 550\text{ }^{\circ}\text{C}$. Тривалість витримки – $T = 30$ хв..

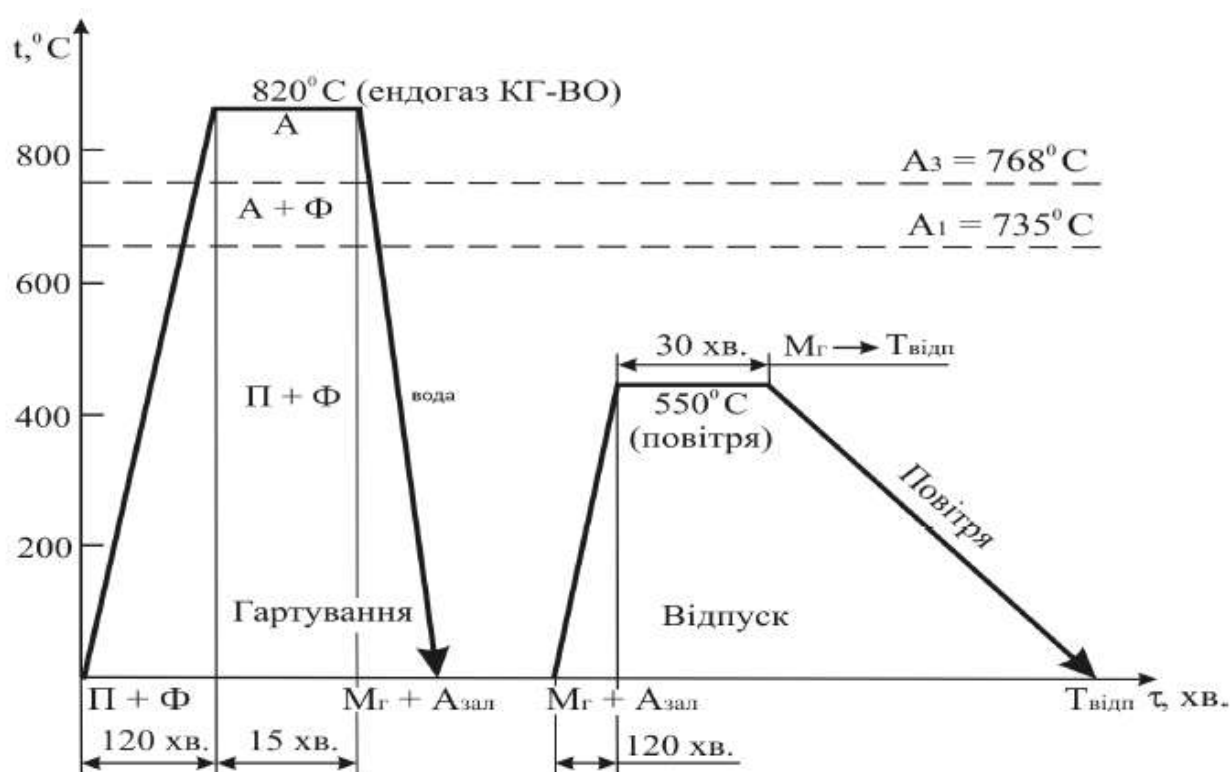


Рисунок 3.3 – Графік режиму термообробки розподільного валу зі Сталі 45

Вихідною структурою розподільного валу – дрібнозернистий перліт + ферит (рис. 3.4). Зерно не збільшується, так як заготовка при обробці не нагрівається.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

ДРМТВАТАМ 23.20098.000. ПЗ

Арк.

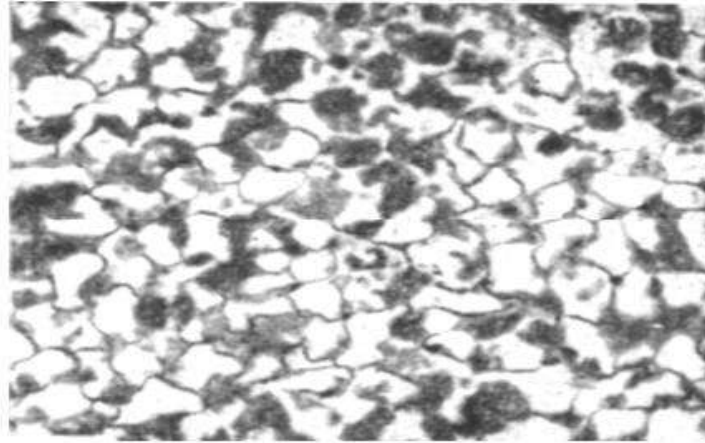


Рисунок 3.4 – Вихідна (дрібнозерниста) структура розподільного валу, отриманого механічною обробкою круглого прокату (перліт + ферит, x300)

Нагрівання при гартуванні до $t = 820$ °С викликає протікання повної фазової перекристалізації з утворенням дрібнозернистого аустеніту. При гартуванні розподільних валів з дрібнозернистого аустеніту виникає дрібноголчастий M_T (рис. 3.5). При відпусканні M_T розпадається з утворенням сорбіту відпускання (рис. 3.6) з твердістю (28 – 30) HRC.

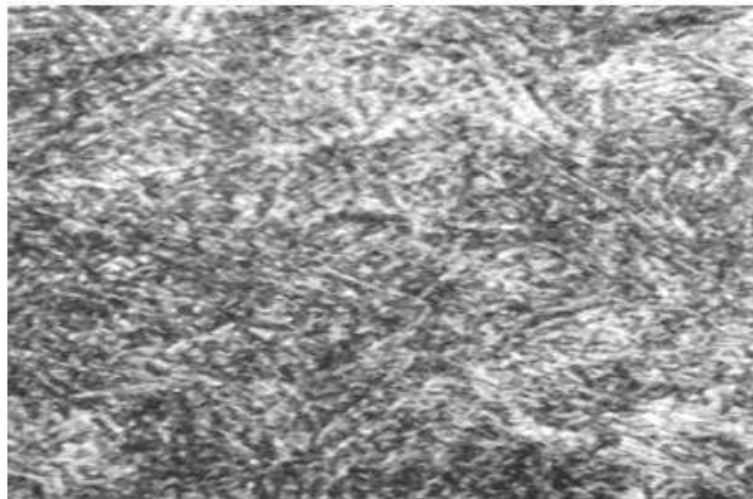


Рисунок 3.5 – Мікроструктура розподільного валу після гартування від $t = 820$ °С (дрібноголчастий мартенсит, x500)

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

ДРМТВАТАМ 23.20098.000. ПЗ

Арк.

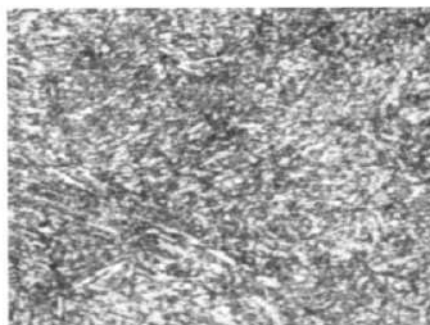


Рисунок 3.6 – Мікроструктура розподільного валу після відпускання при $t = 550$ С на протязі $T = 30$ хв. (сорбіт відпускання, $\times 500$)

Для термообробки розподільного валу використовують спеціалізовані гартувально-відпускарні агрегати, базою яких служать механізовані камерні електропечі: 2 камерні печі (1-а для гартування, 2-а – для відпускання) з гартівним баком з водою. Основні технологічні переходи процесу:

1. Завантаження розподільного валу на піддон у піч гартування СШЗ 6.12/10,5 – рис. 3.7 (за 1 цикл завантажують 1 піддон) при температурі робочого простору печі $t = 850$ °С. Захисним газовим середовищем служить ендогаз ПС-0,25 (ендогаз – це газова суміш, яку утворюють неповним згорянням газоподібного вуглеводню у повітрі за ендотермічною реакцією [22]).



Рисунок 3.7 – Піч СШЗ 6.12/10,5

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

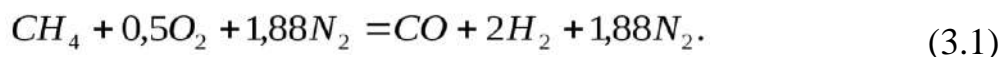
ДРМТВАТАМ 23.20098.000. ПЗ

Арк.

Захисне середовище у печах СШЗ 6.12/10,5 – ендотермічна атмосфера, маюча перевагу порівняно із захисними атмосферами з азоту N_2 і нейтральних газів. Ендогаз захищає поверхню металу не лише від окислення, але й від зневуглицювання. Ендотермічну атмосферу можна використовувати як нейтральну для середньовуглецевих сталей, так як вона знаходиться з ними у рівновазі (їх як не зневуглицює, так і не навуглицює [23]).

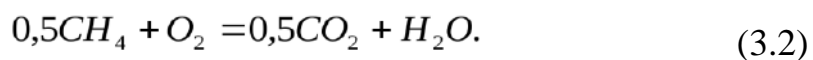
Основні компоненти ендотермічного газу, окрім азоту N_2 , є оксид вуглецю (вуглекислий газ CO_2) і вода H_2O (містяться в ендогазі у незначних кількостях [24]).

Ендогаз отримується в результаті наступної реакції [24]:

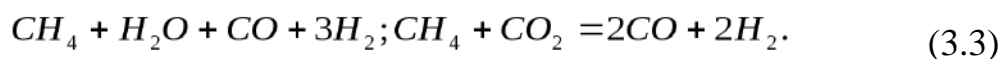


Тобто, в ендогазі присутні 20% CO , 40% H_2 і 40% N_2 (за об'ємом), а коефіцієнт $\alpha = 0,25$. При великих значеннях α вміст CO_2 і H_2O в ендогазі підвищується. Зниження α при звичайних температурах виготовлення ендогазу призводить до випадання сажі.

Реакція отримання ендогазу протікає у дві стадії: спочатку проходить реакція повного горіння метану CH_4 за рахунок наявного в суміші кисню O_2 [24]:



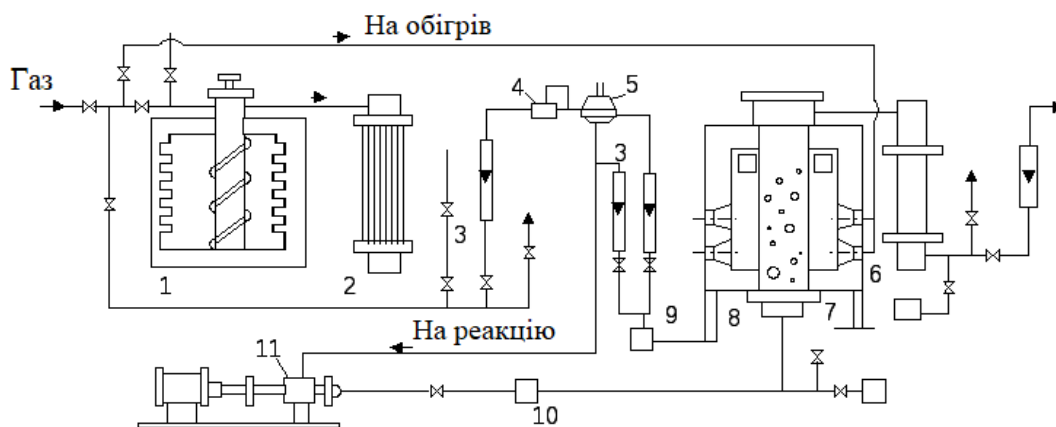
Наступні процеси – конвекція CH_4 водяною парою H_2O і CO_2 [24]:



Щоб здійснити ендотермічні реакції, температуру в системі підтримують зовнішнім підведенням теплоти. Реакція взаємодії CH_4 з CO_2 і H_2O при $t < 1000$ °С протікає з незначною швидкістю: вони закінчуються швидко тільки при $t \cong 1300$ °С. Здійснення реакцій при нижчих t відбувається у присутності каталізаторів. Конвенція при $t = 1300$ °С відбувається при застосуванні жаростійких матеріалів (вона ускладнює процес і конструкцію реактора). Тому нині ендогаз отримують на шарі каталізатора. Це підтримує робочу температуру в реакторі $t = (850 - 950)$ °С. Подальше зниження t в реакторі призводить до науглецювання та руйнування каталізатора [24].

Конвекція CH_4 з малою витратою окисника пред'являє жорсткі вимоги до каталізатора. Найдоцільнішим каталізатором є ГИАП-3 (і його модифікації), що є гранулами γ - оксиду алюмінію Al_2O_3 , на які нанесений оксид нікелю NiO . Тут відновлений воднем H_2 нікель Ni є каталізатором, а оксид Al – протектором (підсилювачем) каталізатора (він підсилює каталітичну дію Ni [24]).

Принципова схема ендогенератора наведена на рис. 3.8.



1 – блок сіркоочищення; 2 – холодильник трубчастий; 3 – ротаметр; 4 – рефлятор співвідношення; 5 – змішувач; 6 – горілка для обігрівання реторти; 7 – заземлення; 8 – реторта з каталізатором; 9 – повітряний фільтр; 10 – запобіжник проскакування полум'я; 11 – газодувка

Рисунок 3.8 – Принципова схема ендогенератора

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

Атмосфера, яка виробляється у цьому генераторі, має склад: CO – (18 – 22)%; H_2 – (32 – 40)%; $CH_4 \leq 1,25$; $CO_2 = (0,1 – 0,7)$; N_2 – інше [24]. Зовнішній вигляд ендогенератора НКЕ-30 наведено на рис. 3.9 [27].



Рисунок 3.9 – Зовнішній вигляд ендогенератора НКЕ-30

2. Нагрівання розподільного валу під гартування до $t = 820$ °С.
3. Витримка розподільного валу при цій температурі $T = 15$ хв..
4. Вивантаження з гартівної печі піддону з розподільними валами.
5. Занурення піддону з розподільними валами у гартівний бак з водою.
6. Витримка розподільних валів у гартівному баку $T = 10$ хв. при температурі води до занурення деталей у бак $t = (20 – 25)$ °С, а після занурення – не $> t = 60$ °С.
7. Піднімання піддону з розподільними валами з гартівного баку.
8. Завантаження піддону з розподільними валами у відпускальну піч, робочим середовищем якої є повітря.
9. Нагрівання розподільних валів до температури відпускання $t = 550$ °С.
10. Витримка розподільних валів у печі при $t = 550$ °С протягом 30 хв..
11. Вивантаження піддону з розподільних валами з відпускальної печі.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

ДРМТВАТАМ 23.20098.000. ПЗ

Арк.

12. Охолодження розподільних валів разом з піддоном у водяному баку (щоб зменшити теплове розсіювання).

3.5.2 Контроль якості термообробки розподільного валу

У табл. 3.2 наведено перелік дефектів, які виникають при термообробці розподільного валу (найпоширеніші – дефекти через порушення режимів нагрівання чи охолодження).

Таблиця 3.2 – Дефекти термообробки розподільного валу

Вид дефекту	Причина утворення	Способи		
		виявлення	попередження	усунення
Гартівні тріщини у валах	Перегрівання валів вище оптимальної t гартування	Зовнішній огляд; магнітно-порошкова дефектоскопія	Автоматичне контролювання t печі з точністю ± 10 град.	Неусувний
Крупнозернистість (виникає крупногочастий мартенсит) у валах	Перегрів валів вище оптимальної t гартування	Металографічний аналіз; травник – 4%-й розчин азотної кислоти HNO_3 в етиловому спирті $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$	Автоматичне контролювання t печі з точністю ± 10 град.	Повторний гарт + відпускання
Присутність структурно вільного фериту у валах	Недогрівання валів до аустенітного стану; гарт з області аустеніт + ферит	Металографічний аналіз, вимірювання твердості валів	Автоматичне контролювання t печі з точністю ± 10 град.	Повторний гарт + відпускання
Знеуглецьований шар у валах	Нагрівання валів в окислювальному середовищі; перегрів валів	Металографічний аналіз валів	Нагрівання валів у захисному газовому середовищі	Неусувний
Надвисока твердість (недовідпускання) валів	Недогрівання валів до оптимальної t відпускання; недостатня витримка при t відпускання	Вимірювання твердості валів	Контроль t відпускнуї печі; збільшити час витримки валів при t відпускання	Повторне відпускання

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

ДРМТВАТАМ 23.20098.000. ПЗ

Арк.

1. Внутрішні та зовнішні тріщини утворюються при невірному охолоджувальному середовищі чи під час перегрівання валів вище оптимальної t гартування.

2. Зневуглецьованим шаром є дефект, викликаний вигоранням вуглецю у поверхневому шарі валу в результаті нагрівання валу в окислювальному середовищі. Тому знижується твердість і втомна міцність сталі.

3. Перегрів виникає при нагріванні валу до t , вищих за оптимальну t гарту. Результат – зростає аустенітне зерно (рис. 3.10) й утворюється крупнозернистий мартенсит.

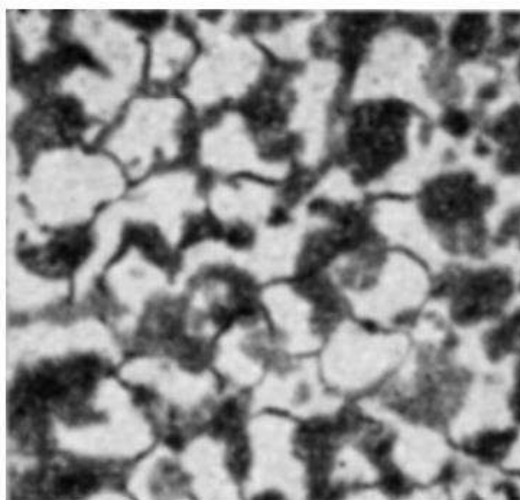


Рисунок 3.10 – Крупнозерниста мікроструктура матеріалу розподільного валу – сталі 45 при перегріві з наступним повільним охолодженням (перліт + ферит, x300)

Під час повільного охолодження валу утворюються великі зерна перліту й фериту (сталі перегрівається й знижуються механічні властивості).

4. Перепалом називають окислення чи оплавлення границь зерен сталі. Він утворюється під час перегрівання валу до t , близьких до точки солідус з повним втрачанням металом міцності й пластичності.

5. Недовідпускання – це надвисока твердість відпущеної після гарту сталі (структура – трооститна чи троосто-мартенситна – рис. 3.11).

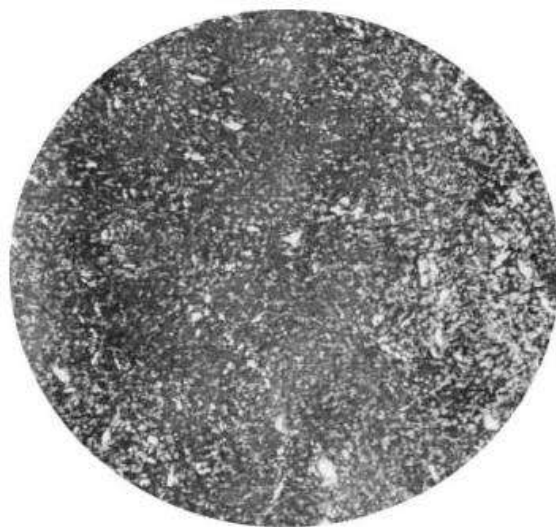


Рисунок 3.11 – Неякісно відпущений матеріал розподільного валу – сталі 45 (трооститна структура, x200)

					ДРМТВАТАМ 23.20098.000. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

4 Проектування ТП відновлення розподільного валу самоскида КрАЗ-65055

4.1 Загальні поняття про технології відновлення газорозподільних валів

При відновленні розподільних валів за допомогою наплавлення, напилення, пластичної деформації і т. д. проводять зміну геометрії їх посадкових поверхонь, підвищують зносостійкість й твердість опорних шийок і кулачків [25].

Призначати матеріали для відновлення робочих поверхонь розподільних валів потрібно ретельно: використовують самозахисні порошкові дроти, зміцнюючі твердість поверхонь до HRC 61. Але надвисока вартість цих матеріалів та необхідність їх спеціальної підготовки перед використанням (прокалювання у печах), а також високі вимоги до зберігання призвело до неширокого їх застосування у ремонтному виробництві. Рекомендують зміцнення поверхонь лазером і плазмою, а не гартуванням СВЧ [25].

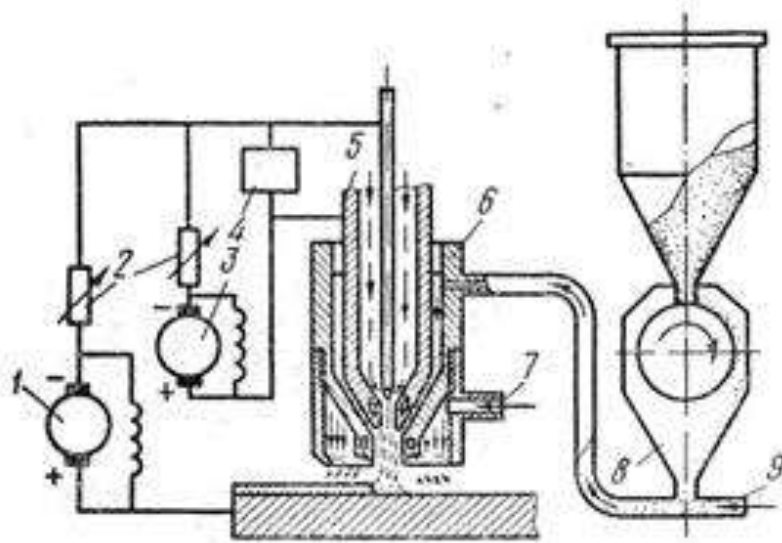
Термін експлуатації багатьох пошкоджених деталей можна продовжити нанесенням протизносних і захисних покриттів: оптимальний матеріал покриття не лише відновлює зношену поверхню, але й збільшує термін служби у деталей декілька разів.

4.2 Опис технології плазмового наплавлення розподільних валів присадним порошком

Для відновлення розмірів зношених поверхонь розподільних валів рекомендують плазмове наплавлення – матеріал, який наносять у вигляді порошку або дроту, вводять у струмінь плазми і нагрівають під час руху з

					ДРМТВАТАМ 23.20098.000. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

потоком газу до температури, яка перевищує температуру його плавлення. Для плазмового наплавлення застосовують плазмотрон комбінованої дії (рис. 4.1).



1 – джерело живлення (струм дуги прямої дії); 2 – опори баластні; 3 – джерело живлення (струм дуги побічної дії); 4 – осцилятор, 5 – сопло внутрішнє; 6 – сопло зовнішнє; 7 – штуцер, щоб підвести захисний газ; 8 – порошковий дозатор; 9 – сопло для подачі транспортуючого газу

Рисунок 4.1 - Схема установки для плазмового наплавлення розподільних валів присадним порошком

Дуга між соплом 5 і порошком з дозатора 8 розплавляє його, а горіння дуги між електродом і розподільним валом поверхня останнього оплавляється. Порошок подають у сопло 6 пальників з дозатора 8 струменем газу 9. Щоб забезпечити рівномірну та надійну подачу присадного порошку, його кількість точно дозується. Зону наплавлення захищають струменем газу, який подають у додаткове сопло через штуцер 7.

Процес наплавлення наступний:

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

– під час горіння незалежної дуги між вольфрамовим електродом й соплом присадний металевий порошок розплавляється;

– під час горіння дуги між електродом і розподільним валом його поверхня нагрівається, і забезпечується сплав присадного і основного металу.

Комбінована плазмова дуга дозволяє одержати мінімальну глибину проплавлення, а також долю основного металу у складі наплавленого. Це – значна технологічна перевага плазмового наплавлення порівняно з іншими способами. Крім цього, захист наплавлюваного шару від впливу оточуючої атмосфери забезпечують потоком інертного газу, яким огортають дугу і подають у зовнішнє сопло плазмотрону. Присадний порошок також подають із спеціального порошкового живильника за допомогою інертного транспортуючого газу.

Наплавлення виконується на спеціальному верстаті з копіром: рух по копіру, яким забезпечується вибіркова відстань до оброблюваної поверхні профілю кулачка, здійснюється плазмотроном, а розподільний вал обертається з копіром синхронно. Наплавлювальними матеріалами рекомендують застосовувати порошки ПГХН80СРЗ з розміром фракцій (100 – 400) мкм [15].

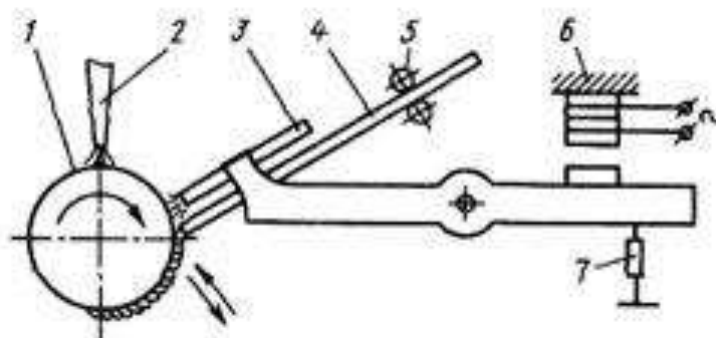
4.3 Опис технології вібродугового наплавлення розподільних валів вібруючим електродом

Вібродугове наплавлення реалізують вібруючим електродом діаметром \varnothing (1,5 – 2) мм. Через його вібрацію (механічним шляхом або за допомогою електромагніту з частотою $j = (30 - 100) \text{ c}^{-1}$ та амплітудою $a = (0,5 - 1,0) \text{ мм}$ дуга коротить по розподільному валу і знову збуджується. Кожне коротке замикання залишає на поверхні частину наплавлюваного електроду [26].

Товщина нарощеного шару невелика, так як в зону наплавлення подається охолоджуюча рідина (водяний розчин кальцинованої соди) або потоки повітря.

					ДРМТВАТАМ 23.20098.000. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

При цьому розподільний вал прогрівається й деформується незначно. Але завдяки такому прискореному охолодженні підвищується твердість наплавленого металу (рис. 4.2 [26]).



1 – розподільний вал; 2 – сопло для подачі рідини для охолодження; 3 – сопло для подачі рідини у зону наплавлювання; 4 – електродний дріт; 5 – електродоподаючі ролики; 6 – електромагнітний вібратор; 7 – пружина

Рисунок 4.2 – Схема вібродугового наплавлення розподільних валів вібруючим електродом

Джерела живлення електричної дуги при вібродуговому наплавленні [29, 30]:

– генератори типу АНД-500/250, трифазний дизельний генератор Current CR-250 (рис. 4.3);



Рисунок 4.3 – Трифазний дизельний генератор Current CR-250

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

ДРМТВАТАМ 23.20098.000. ПЗ

Арк.

– випрямлячі ВС-300, ВС-600, ВС-300Б (рис. 4.4);



Рисунок 4.4 – Випрямляч ВС-300Б

– перетворювач ПСГ-500;

– додаткова індуктивність, яку регулюють під'єднанням у ланцюг зварювального регулятора струму дроселя RB-34 (включений у зварювальне коло послідовно) [29].

Крім цього, установка для вібродугового наплавлення складається з [20]:

– наплавлювальної голівки ГМВК-2М, яка закріплена на супорті токарного верстата 1К62М;

– системи подачі охолоджуючої рідини.

Наплавлювальний дріт, який пропущено через вібруючий мундштук, разом з ним здійснює коливання з частотою $\nu = (100 - 120)$ Гц відносно наплавлювального розподільного валу, закріпленого у центрах токарного верстата [28].

Рекомендовані режими вібродугового наплавлення сталей наведені у табл. 4.1.

					ДРМТВАТАМ 23.20098.000. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.1 – Режими вібродугового наплавлення [28]

Товщина наплав- люваного шару, мм	Діаметр електроду, мм	Крок наплав- лення, мм	Амплітуда вібрації електроду, мм	Витрати охолоджу- вальної рідини, хв.
1,1	1,6	1,6	2,0	0,5
1,5	2,0	1,8	2,0	0,6
1,9	2,2	2,1	2,0	0,7
2,3	2,5	2,4	2,0	0,8

Структуру і твердість наплавленого шару регулюють хімічним складом електродного дроту разом з охолоджувальною рідиною, яка при наплавленні сприяє [28]:

- збільшенню швидкості охолодження наплавленого шару металу;
- захисту розплавленого металу від оточуючого повітря;
- зменшенню теплової дії дуги на розподільний вал;
- стійкому горінню дуги через випарювання рідини та іонізацію електродного проміжку.

Охолоджувальна рідина – (3 – 6) %-ний водяний розчин кальцинованої соди Na_2CO_3 чи (12 – 20) %-ний водяний розчин технічного гліцерину $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$. Рідина подається на відстані (10 – 40) мм від електроду. Зменшення цієї відстані призводить до:

- підвищення швидкості охолодження наплавленого металу;
- збільшенню середньої твердості наплавленого шару;
- виникнення великої кількості мікротріщин.

Захищають розплавлений метал вуглекислим газом, флюсом, водяною парою [28].

Для вібродугового наплавлення використовують дріт з діаметром $d = (1 - 3)$ мм, призначення якого залежить від необхідної твердості та зносостійкості наплавленого металу. Покриття має твердість (14 – 19) HRC при використанні маловуглецевого дроту Св-08 і Св-08ГА. При використанні дротів Нп-65, Нп-80 і Нп-30ХГСА отримують твердість (26 – 55) HRC, а валик в охолоджувальній рідині отримує твердість гартування (46 – 52) HRC при застосуванні марки дроту Нп-50ХФА [29].

Недолік багатошарового покриття – наступні валики наплавленого металу частково розплавляють попередні та створюють зону відпалення. Це створює неоднорідну структуру і твердість наплавленого металу. Цим ускладнюється механічна обробка колінчастого валу [28].

4.4 Розрахунок режимів вібродугового наплавлення розподільних валів вібруючим електродом

Розрахунок сили наплавлювального струму при наплавленні дротом суцільного перерізу $d_{дроту} = 1,6$ мм (див. табл. 4.1) [27]:

$$I_{напл.стр} = \frac{\pi * d_{дроту} * \gamma}{4} \quad (4.1)$$

де $\gamma = (110 - 130)$ А/мм² – щільність струму в електродному дроті [27].

При механізованому способі наплавлення використовують більшу щільність струму порівняно з ручним, що пояснюють меншою довжиною вильоту електроду.

Приймаємо параметри процесу наплавлення (див. табл. 4.1) [28]:

- щільність струму в електродному дроті $\gamma = 120$ А/мм² ;
- довжина дуги $l = 3,5$ мм;

					ДРМТВАТАМ 23.20098.000. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

- напруга дуги $U_{\text{дуги}} = 28 \text{ В}$;
- виліт електродного дроту $v = 10 \text{ мм}$;
- витрата вуглекислого газу для виготовлення ендотермічного газу $\mathcal{J} = 15 \text{ л/хв.}$;
- крок наплавлення $1,6 \text{ мм}$;
- амплітуда вібрації електроду $2,0 \text{ мм}$;
- витрата охолоджувальної рідини $0,5 \text{ л/хв.}$

Тоді:

$$I_{\text{напл.стр}} = \frac{\pi * d_{\text{дроту}} * \gamma}{4} = \frac{3,14 * 1,6 * 120}{4} = 188,4 \text{ А.}$$

Приймаємо величину сили наплавлювального струму $I_{\text{напл.стр}} = 190 \text{ А}$.

Швидкість подачі електродного дроту, м/год.:

$$V_{\text{дроту}} = \frac{4 * k_{\text{дроту}} * I_{\text{напл.стр}}}{\pi * d_{\text{дроту}} * \rho_{\text{дроту}}} \quad (4.2)$$

де $k_{\text{дроту}}$ – коефіцієнт розплавлення дроту, г/А*год.;

$\rho_{\text{дроту}} = 7,8 \text{ г/см}^3$ – щільність металу електродного дроту.

$$k_{\text{дроту}} = 3,00 + 0,08 * \frac{I_{\text{напл.стр}}}{d_{\text{дроту}}} = 3,08 * \frac{190}{1,6} = 292,6 \text{ г/А*год.} \quad (4.3)$$

Тоді:

$$V_{\text{дроту}} = \frac{4 * k_{\text{дроту}} * I_{\text{напл.стр}}}{\pi * d_{\text{дроту}} * \rho_{\text{дроту}}} = \frac{4 * 292,6 * 190}{3,14 * 1,6 * 7,8} = 4539,8 \text{ м/год.}$$

					ДРМТВАТАМ 23.20098.000. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Швидкість наплавлення (м/год.):

$$V_{\text{наплавл}} = \frac{\varphi_{\text{напл}} * I_{\text{напл.стр}}}{100 * A_{\text{валика}} * \rho_{\text{дроту}}} \quad (4.4)$$

де $\varphi_{\text{напл}}$ – коефіцієнт наплавлення, г/А*год.;

$$\varphi_{\text{напл}} = k_{\text{дроту}} * (1 - e),$$

де e – коефіцієнт втрат металу на розбризкування; при наплавленні в CO_2 $e = (0,10 - 0,15)$; приймаємо $e = 0,12$ [27].

Тоді:

$$\varphi_{\text{напл}} = 292,6 * (1 - 0,12) = 19,888.$$

$A_{\text{валика}}$ – площа поперечного перерізу одного валика; при наплавленні в CO_2 рівна $(0,3 - 0,7)$ см²; приймаємо $A_{\text{валика}} = 0,5$ см² [27].

Тоді:

$$V_{\text{наплавл}} = \frac{19,888 * 190}{100 * 0,5 * 7,8} = 9,69 \text{ м/год.}$$

Маса наплавленого металу при наплавлювальних роботах [27]:

$$M_{\text{наплавл}} = Q_{\text{наплавл}} * \rho_{\text{дроту}} \quad (4.5)$$

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

ДРМТВАТАМ 23.20098.000. ПЗ

Арк.

де $Q_{\text{наплавл}}$ – об'єм наплавленого металу, см^3 .

Діаметр відновлюваних опорних шийок розподільного валу:

– початковий $d_0 = 54$ мм (див. табл. 2.1);

– за 4-ю категорією ремонтного розміру $d_4 = 53$ мм (див. табл. 2.2).

Тобто товщина наплавлюваного шару $h = 54 - 53 = 1$ мм. Згідно табл. 4.1 приймаємо $h = 1,1$ мм.

Довжина поверхонь опорних шийок під наплавлення $l = 21$ мм.

Тоді:

$$Q_{\text{наплавл}} = (\pi * 54,1^2 / 4 - \pi * 53^2 / 4) * 21 = (2297,5 - 2205,1) * 21 = 1940,4 \text{ мм}^2 \quad (4.6)$$

Отже:

$$M_{\text{наплавл}} = 19,404 * 7,8 = 151,35 \text{ г} = 0,151 \text{ кг}$$

Тривалість горіння дуги, год. [28]:

$$T_{\text{дуги}} = \frac{M_{\text{наплавл}}}{I_{\text{напл.стр}} * k_{\text{дроту}}} \quad (4.7)$$

$$T_{\text{дуги}} = 151,35 / 188,4 * 292,6 = 0,0027 \text{ год.} = 0,165 \text{ хв.} = 9,88 \text{ с}$$

Повна тривалість наплавлення, с [28]:

$$T_{\text{повне}} = \frac{T_{\text{дуги}}}{k_{\text{звар.посту}}} \quad (4.8)$$

					ДРМТВАТАМ 23.20098.000. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

де $k_{звар.поста} = 0,6$ – коефіцієнт використання зварювального поста [28].

Тоді:

$$T_{повне} = 9,88 / 0,6 = 16,47 \text{ с}$$

Витрата електродного дроту, г [28]:

$$M_{ел.дроту} = M_{напл.мет} * (1 + \phi) \quad (4.9)$$

де $M_{напл.мет} = 151,35$ г – маса наплавленого металу;

$\phi = 0,15$ – коефіцієнт втрат [28].

Тоді:

$$M_{ел.дроту} = 151,35 * 0,15 = 22,7 \text{ г}$$

Витрата електроенергії, кВт*год. [28]:

$$Q_{електр} = \frac{U_{дуги} * I_{звар.стр}}{\eta_{струму} * 1000} * T_{дуги} + P_{струму} * (T_{повне} - T_{дуги}) \quad (4.10)$$

де $U_{дуги} = 28$ В – напруга дуги при постійному струмі;

$I_{напл.стр} = 188,4$ А;

$\eta_{струму} = 0,7$ – ККД джерела живлення при постійному струмі;

$T_{дуги} = 9,88$ с;

$T_{повне} = 16,47$ с;

$P_{струму} = 2,0$ кВт – потужність джерела живлення, який працює на холостому ході при постійному струмі [28].

					ДРМТВАТАМ 23.20098.000. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Тоді:

$$Q_{електр} = \frac{28 * 188,4}{0,7 * 1000} * 9,88 + 2,0 * (16,47 - 9,88) = 0,763 + 13,18 = 13,943 \text{ кВт*год.}$$

4.5 ТП механічної обробки розподільного валу

ТП відновлення розподільного валу наступний [25]:

– спершу відновлюють центрові отвори, а пошкоджену різьбу вилучають на токарно-гвинторізному верстаті 1К62М; базами є центрові отвори; режим обробки наступний: глибина різання $h = (0,8 - 1)$ мм; подача $p = 0,3$ мм/об.; швидкість різання $V = (50 - 55)$ м/хв.;

– спрацьовані шийки, кулачки та пошкоджену різьбу відновлюють вібродуговим наплавленням.

Механічна обробка кулачків та опорних шийок після відновлення проводиться у 3 етапи [25]:

- попереднє (чорнове) шліфування на круглошліфувальних верстатах;
- остаточне (чистове) шліфування;
- полірування.

Зношені кулачки розподільного валу шліфують по копіру на спецверстаті 3А433, щоб вивести сліди спрацювання та відновити профілі кулачків. Режим попереднього шліфування:

- швидкість обертання розподільного валу 30 м/хв.;
- радіальна подача круга 0,05 мм/об.;
- швидкість обертання круга 40 м/с.

Шийку під шестерню шліфують за таких режимів:

- радіальна попередня подача 0,05 мм/об.;
- радіальна остаточна подача 0,005 мм/об.

					ДРМТВАТАМ 23.20098.000. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Бази для обробки шийок – центрові отвори, а для обробки кулачків – шпонковий паз і центрові отвори [25].

За допомогою токарного верстату обробляють фаски (швидкість різання 25 – 35 м/хв.) і торець розподільного валу, нарізають (швидкість різання 30 м/хв.) і калібрують різьбу [25].

Режим остаточного шліфування:

- радіальна подача круга 0,005 мм/об;
- швидкість обертання круга 35 м/с.

Фаски отворів масляних каналів після шліфування оброблюють зенкуванням вертикально-свердлильним верстатом 2Н125 (частота обертів інструменту $n = 500$ об./хв. [25].

Щоб забезпечити необхідну шорсткість поверхонь, проводять полірування опорних шийок і кулачків (фінішна операція) розподільного валу. Полірують шліфувальною шкіркою на тканинній основі. Параметри полірування:

- абразивний матеріал – білий електрокорунд марки 25А;
- зернистість абразиву (8 – 4) мкм;
- швидкість стрічки під час полірування $V = (30 – 40)$ м/с.

Полірувати можна також повстяними та фетровими кругами (абразивний матеріал – паста ГОИ) з коловою швидкістю полірувального круга $V = (30 – 35)$ м/с [25].

Щоб підвищити довговічність розподільного валу, фінішну обробку також виконують алмазним вигладжуванням з одночасним шліфуванням мікронерівностей [25].

4.6 Обрання технологічних баз для ТП обробки розподільного валу

Основні принципи базування заготовок:

					ДРМТВАТАМ 23.20098.000. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Висновки по роботі

Наведені загальні відомості, історія та будова самоскида КрАЗ-65055.

Представлена інформація про двигун ЯМЗ-238ДЕ2 і процес його ремонту. Досліджений ГРМ ДВЗ ЯМЗ-238ДЕ2: особливості конструкції розподільного валу, визначення класу деталі, аналіз дефектів.

Обґрунтований вибір матеріалу розподільного валу – сталь 45: розглянуті її механічні й технологічні властивості. Для термообробки розподільного валу застосували ендогенератор НКЕ-30, базою якого служать дві механізовані камерні електропечі (одна для гартування, друга – для відпускання) з гартівним баком з водою. Наведені основні технологічні переходи процесу, описаний контроль якості термообробки.

Спроектований ТП відновлення розподільного валу вібродуговим наплавленням віброуючим електродом (дріт Нп-50ХФА). Розраховані та прийняті параметри зварювального струму: сила $I_{напл.стр} = 190$ А.; щільність $\gamma = 120$ А/мм²; довжина дуги $l = 3,5$ мм; напруга дуги $U_{дуги} = 28$ В; виліт електродного дроту $v = 10$ мм; витрата вуглекислого газу для виготовлення ендотермічного газу $\mathcal{J} = 15$ л/хв.; крок наплавлення 1,6 мм; амплітуда вібрації електроду 2,0 мм; витрата охолоджувальної рідини 0,5 л/хв.; швидкість подачі електродного дроту $V_{дроту} = 4539,8$ м/год.; швидкість наплавлення $V_{наплав} = 9,69$ м/год.; об'єм наплавленого металу $Q_{наплав} = 1940,4$ мм²; маса наплавленого металу $M_{наплав} = 0,151$ кг; тривалість горіння дуги $T_{дуги} = 9,88$ с; повна тривалість наплавлення $T_{повне} = 16,47$ с; витрата електродного дроту $M_{ел.дроту} = 22,7$ г; витрата електроенергії $Q_{електр} = 13,943$ кВт*год.

Призначене обладнання для вібродугового наплавлення: генератор Current CR-250, випрямляч ВС-300Б, перетворювач ПСГ-500, дросель RB-34, наплавлювальна голівка ГМВК-2М.

Наведений ТП механічної обробки розподільного валу.

					ДРМТВАТАМ 23.20098.000. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Список літератури

1. Коваленко А. В. Конспект лекцій з дисциплін «Ремонт транспортних засобів», "Ремонт технічних засобів електричного транспорту". Частина II / А. В. Коваленко, М. А. Голтв'янський; Харк. нац. акад. міського господарства. – Х.: ХНАМГ, 2009. – 107 с.

2. Кальченко В. І. Відновлення деталей автомобілів: Навчальний посібник / В. І. Кальченко, В. В. Кальченко, В. І. Венжега. – Чернігів: ЧНТУ, 2013. – 192с.

3. КрАЗ-65055 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D1%80%D0%90%D0%97-65055>

4. Самоскид КрАЗ-65055-040 6x4 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://banga.ua/pages/avtomobili-kraz/samosvaly/kraz-65055-040>

5. Двигуни ЯМЗ-238 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://yarmotor.com/engines-yamz/238/>

6. Ремонт двигуна ЯМЗ-238 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.4akb.ru/stati/remont-dvigatelya-yamz-238/>

7. Силові агрегати ЯМЗ-238БЕ2, ЯМЗ-238БЕ, ЯМЗ-238Б ЯМЗ-238ДЕ2, ЯМЗ-238ДЕ, ЯМЗ-238Д. Курівництво з експлуатації. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.ymzmotor.ru/service/manuals/rukovodstvo-po-ekspluatatsii-na-dvigateli-yamz-238be2-be-b-de2-de-d-bv-bl-1-bk-dk-di-nd3-nd4-nd5-nd6/>

8. Керівництво з експлуатації двигунів ЯМЗ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.776030.ru/ryamz/yamz.html>

9. Механізм газорозподілу ГРМ дизельного ДВС ЯМЗ-238 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://mmz52.ru/info/articles/2017/mekhanizm_gazoraspredeleniya_grm_dizelnogo_dvs_yamz_238/

					ДРМТВАТАМ 23.20098.000. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

10. Дефекти розподільного валу і ТО [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://um.co.ua/9/9-13/9-1340.html>

11. Причини зносу розподільного валу [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://japan-cars.com.ua/ua/stati/prichinyi-iznosa-raspredelitel'nogo-vala/>

12. Дефектація розподільного валу [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://studfile.net/preview/5470212/page:8/>

13. Поляков А. П. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів : лабораторний практикум / А.П. Поляков, О.В. Вдовиченко. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 56 с.

14. Маркович С. І. Методичні вказівки до практичних занять з курсу "Експлуатація та ремонт двигунів внутрішнього згорання" для студентів спеціальності 274 «Автомобільний транспорт» / С. І. Маркович. – Кропивницький: ЦНТУ, 2021. – 64 с.

15. Ремонт і відновлення деталей та складальних одиниць газорозподільного механізму [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://raillook.com/materialy/transport/jeleznodorojniy/tyagoviy-podvijnoi-sostav/remont-i-vidnovlennya-detalej-ta-skladalnih-odinit-s-gazorozpodilnogo-mehanizmu/>

16. Трофименко В. В. Методичні вказівки до виконання самостійної роботи з дисципліни «Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство» для студентів усіх форм навчання / В. В. Трофименко, В. І. Овчаренко. – Д.: ДВНЗ УДХТУ, 2016. – 40 с.

17. Сталь 45: особливості застосування і характеристика [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.myvin.com.ua/news/13020-stal-45-osobennosty-prymeneniya-y-kharakterystyka>

18. Характеристики марки сталі 45 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://metinvestholding.com/ua/products/steel-grades/45>

19. Характеристика матеріалу 45 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.splav-kharkov.com/mat_start.php?name_id=87

					ДРМТВАТАМ 23.20098.000. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

20. Сталь 45 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.lsst.ru/spravochnik-metalloprokata/konstruktsionnaya-stal/stal-45/>

21. Вибір матеріалу для виготовлення деталі [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://studwood.net/1817720/tovarovedenie/vybor_materiala_izgotovleniya_detali

22. Стоєв П. І. Хімічна корозія та захист металів : навчальний посібник / П. І. Стоєв, С. В. Литовченко, І. О. Гірка, В. Т. Грицина. – Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2019. – 216 с.

23. Нагрівання під термічну обробку у захисному середовищі [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.mius.ru/thermal/technologies/detail.php?SECTION_ID=&ELEMENT_ID=120

24. Ендотермічні генератори [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://jak.bono.odessa.ua/articles/endotermichna-generatori.php>

25. Відновлення газорозподільних валів двигунів ЯМЗ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://agroexpert.ua/vidnovlenna-gazorozpodilnih-valiv-dviguniv-amz/>

26. Вібродугове наплавлення [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ppt-online.org/569015>

27. Ендогенератори НКЕ наплавлення [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.nakal.ru/catalog/endogeneratoriy-nke/>

28. Вібродугове наплавлення деталей [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://hon1.ru/?p=39>

29. Обґрунтування та вибір раціонального способу зміцнення [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://um.co.ua/13/13-4/13-46148.html>

30. Мамарін В. В. Технологія ремонту машин: Методичні рекомендації для самостійного вивчення теоретичного курсу для студентів денної форми навчання з дисципліни «Технологія ремонту машин» спеціальностей 7.100102

«Процеси, машини та обладнання АПВ», 7.010104 «Професійне навчання» /
В. В. Мамарін, Д. Д. Марченко. – Миколаїв: МДАУ, 2011. – 109 с.

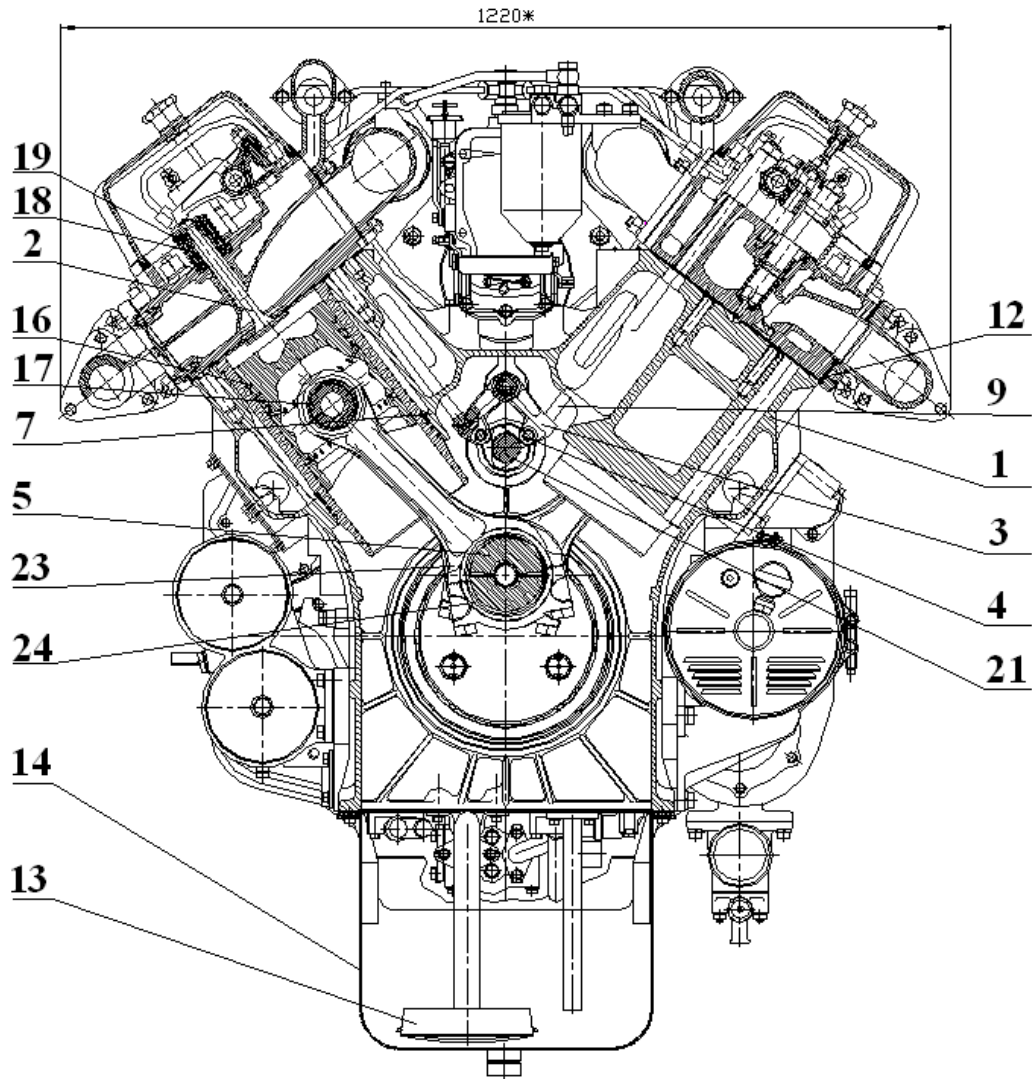
					ДРМТВАТАМ 23.20098.000. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Додатки

					ДРМТВАТАМ 23.20098.000. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Графічне забезпечення дипломної роботи

					ДРМТВАТАМ 23.20098.000. ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		



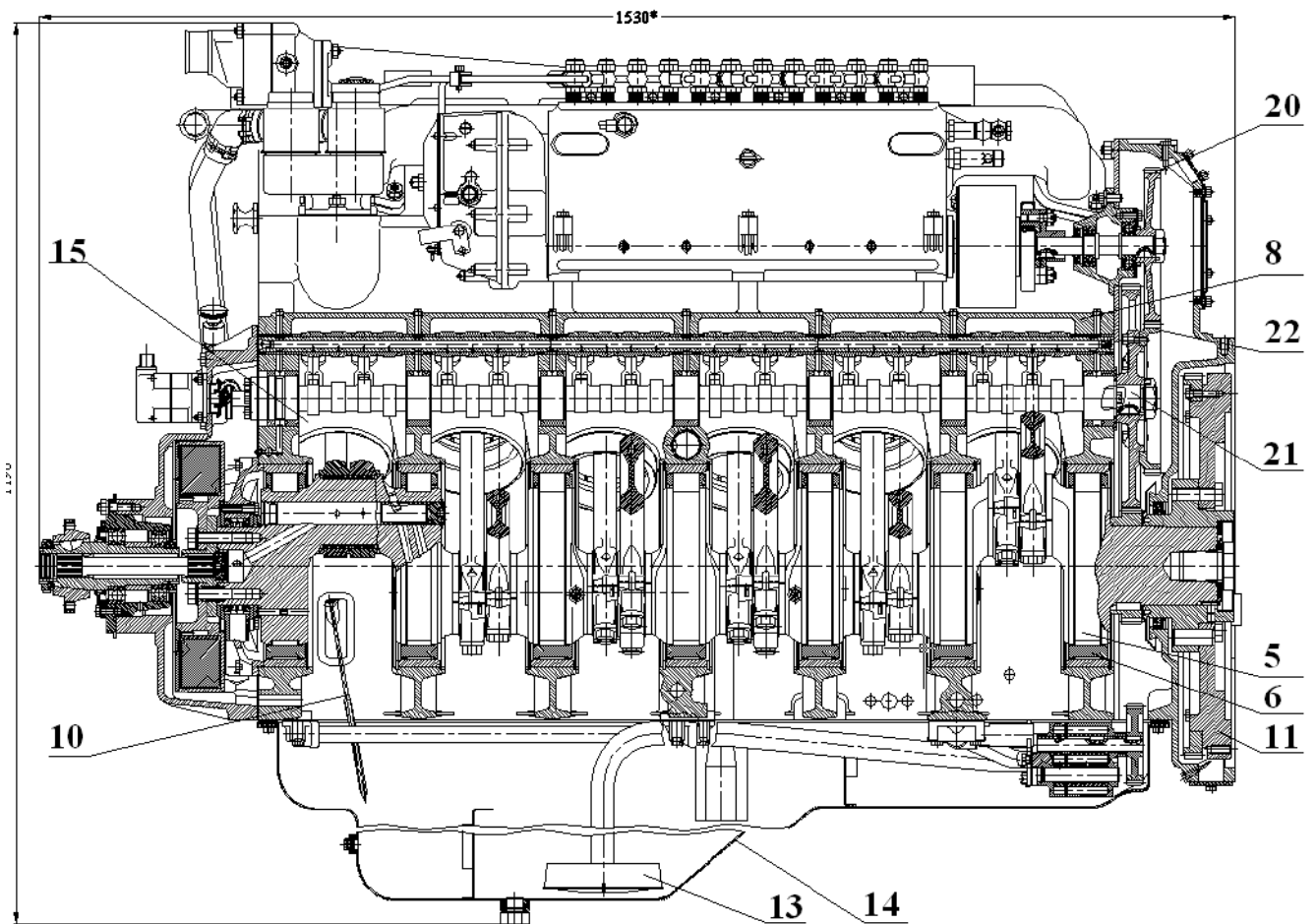
1 – Блок циліндрів; 2 – Клапан випускний; 3 – Коромисло; 4 – Вісь коромисла;
 5 – Вал колінчастий; 6 – Вкладиш корінний; 7 – Корпус розподільного вала; 8 –
 Кришка головки циліндрів; 9 – Штанга; 10 – Показчик рівня мастила; 11 –
 Маховик; 12 – Прокладка металоазбестова; 13 – Приймач масляного насоса; 14 –
 Піддон картера; 15 – Поршень; 16 – Кільце поршневе; 17 – Палець поршневий;
 18 – Пружина клапана внутрішня; 19 – Пружина клапана зовнішня;
 20 – Шестерня; 21 – Вал розподільний; 22 – Колесо зубчасте; 23 – Шатун; 24 –
 Вкладиш шатунний

**Рисунок А1 – Поперечний розріз двигуна ЯМЗ-238ДЕ2
 (креслення загального виду – AutoCAD)**

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

ДРМТВАТАМ 23.20098.000. ПЗ

Арк.



**Рисунок А2 – Поздовжній розріз двигуна ЯМЗ-238ДЕ2
(креслення загального виду – AutoCAD)**

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

ДРМТВАТАМ 23.20098.000. ПЗ

Арк.

ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА

1. *Номинальна потужність, к.с - 180*
2. *Номинальне число оборотів, об/хв. - 2100*
3. *Максимальний крутний момент, кГм - 67*
4. *Число оборотів при максимальному моменті крутному, об/хв. - 1500 шах*
5. *Мінімальне число оборотів холостого ходу, об/хв. - 450*
6. *Максимальне число оборотів холостого ходу, об/хв. - 2275*
7. *Розподільний вал - Загальний для обох рядів циліндрів, з шестерням приводом*
8. *Тиск в масляній системі при номінальних оборотах, кг/см² - 4...7*
9. *Кількість опор розподільного вала - 4*

Рисунок А3 – Технічна характеристика двигуна ЯМЗ-238ДЕ2
(креслення загального виду – AutoCAD)

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

ДРМТВАТАМ 23.20098.000. ПЗ

Арк.