

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Відновлення валу привода центрального редуктора середнього моста самоскида

Рівень вищої освіти бакалавр
Галузь знань 13 «Механічна інженерія»
Спеціальність 132 «Матеріалознавство»
Освітня програма «Відновлення та технічний сервіс автомобілів»

Шифр КРБМТВА 2520166. 000 ПЗ

Виконав студент 4-го курсу
група МТВАз 20-1
Шифр


Підпис

Олександр СТРИЛЕЦЬКИЙ
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник К.Т.Н., доц.
Науковий ступінь, звання


Підпис

Олександр РУДИК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Нормоконтролер


Підпис

Олег МАКОВКІН
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

До захисту допускаю:
Завідувач кафедри ТАМ
Назва


Підпис

Олександр ЛИХА
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Дата 10.06.25

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерії, транспорту та архітектури
Кафедра трибології, автомобілів та матеріалознавства

Освітньо-кваліфікаційний рівень: спеціаліст

Галузь знань: 13 «Механічна інженерія»

Спеціальність: 132 «Матеріалознавство»

Спеціалізація: «Відновлення та технічний сервіс автомобілів»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедрою ТАМ
Диха О.В.
" 20 " 02 2025 р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Стрілецькому Олександрю Васильовичу
Прізвище, ім'я, по батькові

1. Тема роботи: «Відновлення валу привода центрального редуктора середнього моста самоскида»

Керівник роботи: Рудик Олександр Юхимович к.т.н., доцент
Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання

Затверджено наказом університету від 7.02.2025 р. № 23 (Д 14)

2. Строк подання студентом роботи на кафедру: 10.06.2025 р.

3. Вихідні дані до роботи:

Робочі креслення досліджуваних деталей; нормативно – технологічна документація по розбиранню, дефектації, складанню і регулюванню вузла дослідження.

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

1. Технічні характеристики самоскида МАЗ 6516А8 Base 2025.

2. Загальні відомості про центральний редуктор середнього моста самоскида МАЗ 6516А8 Base 2025.

3. Конструкція, принцип роботи, основні дефекти, матеріал шліцьового валу привода центрального редуктора середнього моста самоскида МАЗ 6516А8

4. Розробка ТП відновлення шліцьового валу привода центрального редуктора середнього моста самоскида МАЗ 6516А8

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень):

– графічна частина роботи представлена у вигляді презентації на слайдах

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання ----

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва розділу кваліфікаційної роботи	Строки виконання	Примітка
1	<i>Літературний огляд</i>	20.05.2025	вик.
2	<i>Технологічний розділ</i>	25.05.2025	вик.
3	<i>Конструкторський розділ</i>	30.05.2025	вик.
4	<i>Оформлення розрахунково-пояснювальної записки</i>	2.06.2025	вик.
5	<i>Оформлення презентації кваліфікаційної роботи</i>	5.06.2025	вик.
6	<i>Нормоконтроль кваліфікаційної роботи</i>	9.06.2025	вик.
7	<i>Підписання розділів. Затвердження дати захисту</i>	10.06.2025	вик.

Студент


Підпис

Олександр СТРИЛЕЦЬКИЙ
Ім'я, прізвище

Керівник роботи


Підпис

Олександр РУДИК
Ім'я, прізвище

РЕФЕРАТ

Обсяг пояснювальної записки – 63 сторінок, кількість рисунків – 11, таблиць – 9, додатків – 1, кількість джерел згідно із переліком посилань – 37.

Студент гр. МТВАс-20-2 Стрілецький О.В.





Тема «Відновлення валу привода центрального редуктора середнього моста самоскида»

Наведені загальні відомості й технічні характеристики самоскида МАЗ 6516А8 Base 2025, загальні відомості про центральний редуктор його середнього моста з міжосьовим диференціалом і конструктивні особливості його головної передачі. На підставі основних несправностей редуктора розглянуті можливі дефекти його деталей. Досліджена конструкція, принцип роботи, основні дефекти шліцевого валу привода центрального редуктора середнього моста з призначенням матеріалу для його виготовлення. Спроектований технологічний процес відновлення шліцевого валу та призначена його термічна обробка після відновлення.

Перелік ключових слів: МАЗ 6516А8 BASE 2025, СЕРЕДНІЙ МІСТ, ЦЕНТРАЛЬНИЙ РЕДУКТОР, ШЛІЦОВИЙ ВАЛ, НАПЛАВЛЕННЯ ПІД ШАРОМ ФЛЮСУ, ВІБРОДУГОВЕ НАПЛАВЛЕННЯ, ЦЕМЕНТАЦІЯ, ГАРТУВАННЯ, ВІДПУСК.

Зміст

Анотація	6
Abstract	7
Перелік скорочень.....	8
Вступ	9
1 Технічні характеристики самоскида МАЗ 6516А8 Base 2025.....	10
2 Загальні відомості про центральний редуктор середнього моста самоскида МАЗ 6516А8 Base 2025	11
2.1 Конструктивні особливості головної передачі центрального редуктора середнього моста з міжосьовим диференціалом самоскида МАЗ 6516А8	11
2.2 Можливі дефекти деталей центрального редуктора середнього моста самоскида МАЗ 6516А8.....	13
2.3 Технологія знімання центрального редуктора середнього моста самоскида МАЗ	14
2.4 Оцінка технічного стану середнього моста самоскида МАЗ методом аналізу шуму під час руху	16
2.4.1 Можливі причини підвищеного шуму або перегріву редуктора.....	17
2.4.2 Перевірка диференціала при шумі на поворотах.	18
2.4.3 Виявлення підтікань мастила та перевірка його рівня	18
2.5 Технічне обслуговування середнього моста самоскида МАЗ.....	19
2.6 Регулювання центрального редуктора середнього моста самоскида МАЗ	19
2.6.1 Перевірка та регулювання осьового зазору в підшипниках ведучої шестірни.....	19
2.6.2 Регулювання підшипників валу приводу мостів.....	21

КРБМТВА 2520166.000 ПЗ				
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Стрілецький О.		
Перевір.		Рудик		
Н. Контр.		Маковкін		
Затверд.		Диха		
Відновлення валу приводу центрального редуктора середнього моста самоскида			Ліг.	Арк.
			4	63
ХНУгр.МТВАз-20-1				

Зміст

Анотація	6
Abstract	7
Перелік скорочень.....	8
Вступ	9
1 Технічні характеристики самоскида МАЗ 6516А8 Base 2025.....	10
2 Загальні відомості про центральний редуктор середнього моста самоскида МАЗ 6516А8 Base 2025	11
2.1 Конструктивні особливості головної передачі центрального редуктора середнього моста з міжосьовим диференціалом самоскида МАЗ 6516А8	11
2.2 Можливі дефекти деталей центрального редуктора середнього моста самоскида МАЗ 6516А8	13
2.3 Технологія знімання центрального редуктора середнього моста самоскида МАЗ	14
2.4 Оцінка технічного стану середнього моста самоскида МАЗ методом аналізу шуму під час руху	16
2.4.1 Можливі причини підвищеного шуму або перегріву редуктора	17
2.4.2 Перевірка диференціала при шумі на поворотах.	18
2.4.3 Виявлення підтікань мастила та перевірка його рівня	18
2.5 Технічне обслуговування середнього моста самоскида МАЗ.....	19
2.6 Регулювання центрального редуктора середнього моста самоскида МАЗ	19
2.6.1 Перевірка та регулювання осьового зазору в підшипниках19 ведучої шестірні.....	19
2.6.2 Регулювання підшипників валу приводу мостів.....	21

					КРБМТВА 2520166.000 ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Стрілецький О.			Відновлення валу приводу центрального редуктора середнього моста самоскида	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Рудик				4	63	
Н. Контр.		Маковкін				ХНУГр.МТВАз-20-1		
Затверд.		Диха						

3 Конструкція, принцип роботи, основні дефекти, матеріал шліцьового валу привода центрального редуктора середнього моста самоскида МАЗ 6516А8	24
3.1 Характерні дефекти шліцьового валу привода та методи їх усунення	24
3.2 Методи ремонту шліцьового валу привода центрального редуктора середнього моста.....	27
3.3 Аналіз технологічності шліцьового валу при ремонті та відновленні.....	28
3.4 Вибір матеріалу шліцьового валу	32
4 Розробка ТП відновлення шліцьового валу привода центрального редуктора середнього моста самоскида МАЗ 6516А8	34
4.1 Форми організації ТП відновлення шліцьового валу	34
4.1.1 Основні особливості подефектної організації ТП відновлення	34
4.1.2 Доцільність застосування подефектної технології	35
4.2 Аналіз ТП відновлення шліцьового валу привода центрального редуктора	35
4.3 Проектування ТП відновлення шліцьового валу.....	38
4.3.1 Маршрут відновлення шліцьового валу	39
4.4 Параметри наплавлення шліцьового валу під шаром флюсу.....	50
4.5 Параметри відновлення шліцьового валу вібродуговим наплавленням..	52
4.6 Цементация шліцьового валу після відновлення	55
Висновки.....	58
Список використаних джерел	60
Додатки	64

Анотація

Наведені загальні відомості й технічні характеристики самоскида МАЗ 6516А8 Base 2025 і загальні відомості про центральний редуктор його середнього моста з міжосьовим диференціалом. Представлені конструктивні особливості головної передачі центрального редуктора і на підставі основних його несправностей розглянуті дефекти його деталей. Розроблена технологія знімання центрального редуктора, проведена оцінка його технічного стану та методика регулювання з відображенням технічного обслуговування.

Досліджена конструкція, принцип роботи, основні дефекти шліцьового валу привода центрального редуктора середнього моста з призначенням матеріалу для його виготовлення. Спроектований технологічний процес відновлення шліцьового валу: наплавлення дротом Нп-80 під флюсом ОСЦ-45 в апараті Tesla Weld SAW/MMA MZ 630 і вібродугове наплавлення дротом Нп-65 в установці 011-1-10. Призначена термообробка шліцьового валу після відновлення: цементация + гартування + відпуск.

					КРБМТВА 2520166.000 ПЗ	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Abstract

General information and technical characteristics of the MAZ 6516A8 Base 2025 dump truck and general information about the central gearbox of its middle axle with a center differential are provided. The design features of the main transmission of the central gearbox are presented and, based on its main malfunctions, the defects of its parts are considered. The technology for removing the central gearbox is developed, its technical condition is assessed and the adjustment method with the display of technical maintenance is developed. The design, principle of operation, and main defects of the spline shaft of the drive of the central gearbox of the middle axle are investigated, with the purpose of the material for its manufacture. The technological process of spline shaft restoration was designed: surfacing with Np-80 wire under OSC-45 flux in Tesla Weld SAW/MMA MZ 630 and vibration arc surfacing with Np-65 wire in the 011-1-10 installation. The specified heat treatment of the splined shaft after restoration: carburizing + hardening + tempering.

					КРБМТВА 2520166.000 ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перелік скорочень

ТО – технічне обслуговування.

ДВЗ – двигун внутрішнього згорання.

ТЗ – транспортний засіб.

ЩТО – щоденне технічне обслуговування.

ТО-1 – перше технічне обслуговування.

ТО-2 – друге технічне обслуговування.

КПП – коробка перемикачів передач.

ТП – технологічний процес.

С – вуглець.

Cr – хром.

Mn – марганець.

O₂ – кисень.

$\sigma_{0,2}$ – границя (межа) текучості, [МПа].

σ_b – межа короткочасної міцності, [МПа].

σ_{-1} – межа витривалості на стиск-розтяг (симетричний цикл), [МПа].

δ_5 – відносне подовження при розриві, [%].

ψ – відносне звуження, [%].

KCU – ударна в'язкість, [кДж/м²].

НВ – твердість за Брінеллем, [МПа].

HRС_e – твердість за Роквеллом, шкала С [МПа].

					КРБМТВА 2520166.000 ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вступ

Актуальність теми. Шліцьовий вал — відповідальний елемент привода центрального редуктора середнього моста самоскида МАЗ 6516А8, який в умовах експлуатації зазнає значних механічних, динамічних та термічних навантажень. Внаслідок цього виникає низка характерних дефектів, які потребують вчасного виявлення та правильно підібраної методики його відновлення шліцьового валу.

Мета кваліфікаційної роботи:

– розробити технологічний процес відновлення валу привода центрального редуктора середнього моста самоскида МАЗ 6516А8 Base 2025.

Завдання кваліфікаційної роботи:

– навести загальні відомості й технічні характеристики самоскида МАЗ 6516А8 Base 2025 і загальні відомості про центральний редуктор його середнього моста з міжосьовим диференціалом;

– дослідити конструкцію, принцип роботи, основні дефекти шліцьового валу привода центрального редуктора середнього моста з призначенням матеріалу для його виготовлення;

– спроектувати технологічний процес відновлення шліцьового валу;

– призначити термічну обробку шліцьового валу після відновлення.

Новизна роботи. Спроектований технологічний процес відновлення поверхонь шліцьового валу: наплавлення під шаром флюсу і вібродугове наплавлення. Призначена термообробка шліцьового валу після відновлення (цементация, гартування, відпуск).

					КРБМТВА 2520166.000 ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 Технічні характеристики самоскида МАЗ 6516А8 Base 2025

Технічні характеристики самоскида МАЗ 6516А8 Base 2025 наведені у табл. 1.1 [1, 2].

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики самоскида МАЗ 6516А8 Base 2025 [1, 2]

Максимальна швидкість, км/год.	94
Вантажопідйомність, кг	25000
Довжина, мм	8910
Ширина, мм	2550
Висота, мм	3650
Споряджена маса, кг	16000
Максимально допустима маса, кг	41000
Тип кузова	Вантажівка
Кількість дверей	2
Кількість місць	2/3
Коробка передач	Механічна
Кількість передач	12

Зовнішній вигляд самоскида МАЗ 6516А8 Base 2025 наведено на рис. 1.1.



Рисунок 1.1 – Самоскид МАЗ 6516А8 Base 2025

					КРБМТВА 2520166.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

2 Загальні відомості про центральний редуктор середнього моста самоскида МАЗ 6516А8 Base 2025

2.1 Конструктивні особливості головної передачі центрального редуктора середнього моста з міжосьовим диференціалом самоскида МАЗ 6516А8

Головна передача центрального редуктора середнього моста автомобіля є одноступінчастою і складається з пари конічних шестерень — ведучої шестерні (3) та веденої шестерні (42) з круговими зубами, а також міжосьового конічного диференціала (43) – рис. 2.1 [4, 5].

Ведуча конічна шестерня (3) встановлюється на 2-х радіально-упорних роликових підшипниках (9), які забезпечують точне центрування та надійну роботу при значних осьових та радіальних навантаженнях.

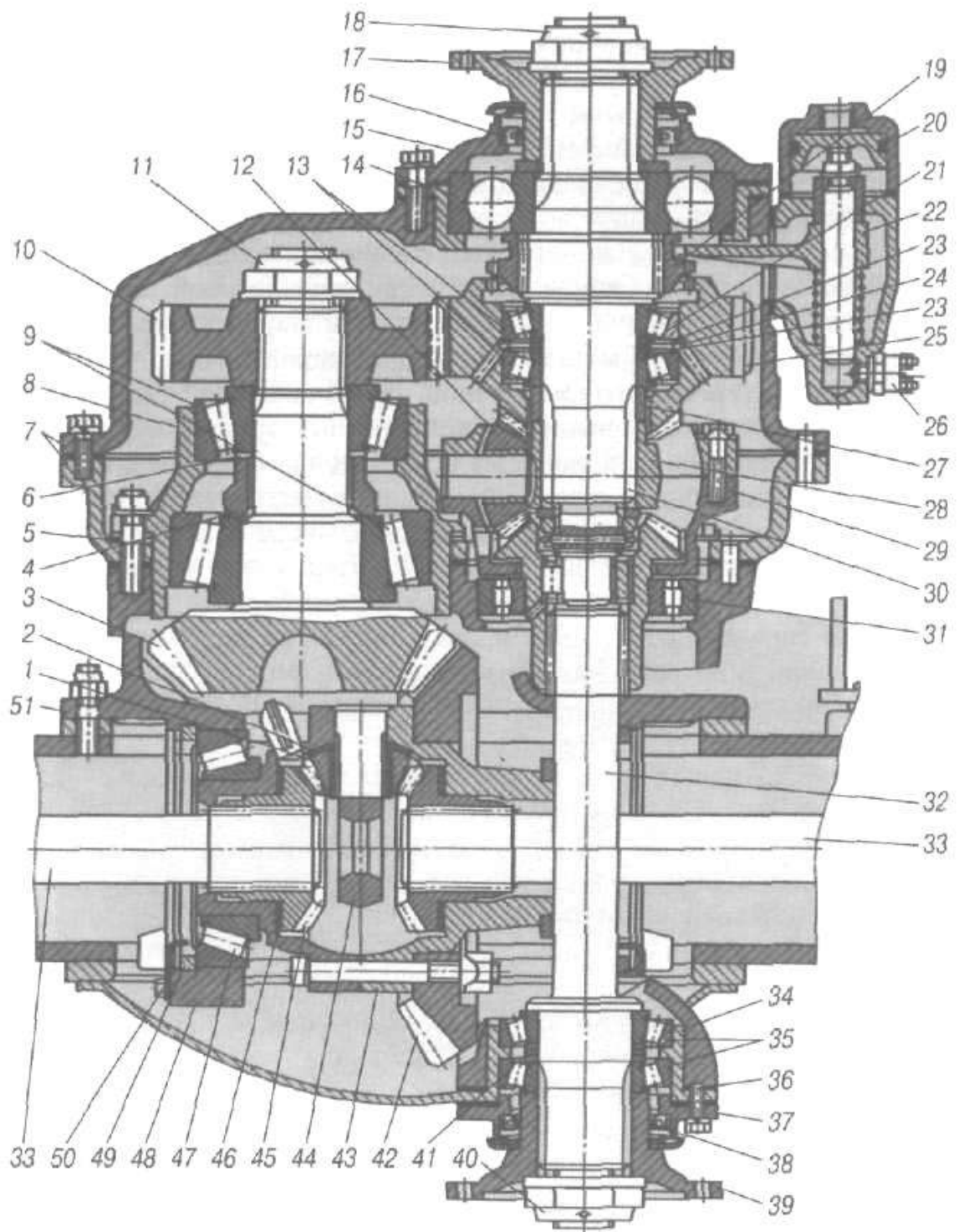
Диференціал (43) складається з:

- лівої та правої чашок (див. рис. 2.1);
- хрестовини (44);
- 4-х сателітів (1);
- сферичних шайб сателітів (2);
- опорних шайб напівосьових шестерень (46).

Складання диференціала наступне:

1. Чашки диференціала з'єднуються 8-ма болтами.
2. Отвори для встановлення хрестовини обробляються після складання корпусу з кришкою диференціала для забезпечення співвісності та точності посадки.
3. Напівосьові шестерні (45) з'єднуються з півосями (33) через шліцьові з'єднання, забезпечуючи передавання крутного моменту.
4. На шпильках хрестовини (28), розташованих хрестоподібно, встановлено по одному сателіту (12), які постійно перебувають у зачепленні з напівосьовими шестернями.

					КРБМТВА 2520166.000 ПЗ	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



1 і 12 – сателіти; 2 і 46 – шайби опорні; 3 – ведуча конічна шестерня; 4 і 27 – втулки розпорів; 5 – прокладки регулювальні; 6 і 21 і 41 – шайби регулювальні; 7 – картери; 8 – картер підшипників; 9 і 13 і 14 і 31 і 35 і 47 – підшипники; 10 – шестерня ведена циліндрична; 11 і 18 і 40 – гайки; 15 і 37 – кришки; 16 і 38 – сальники; 17 і 39 – фланці; 19 – муфта блокування диференціала міжосьового; 20 – механізм блокування диференціала міжосьового; 22 – вилка включення муфти; 23 – шайба упорна; 24 – шайба стопорна; 25 – шестерня ведуча циліндрична; 26 –

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБМТВА 2520166.000 ПЗ

Арк.

12

датчик включення блокування міжосьового диференціала; 28 і 44 – хрестовини; 29 – міжосьовий диференціал; 30 – вал приводу мостів; 32 – вал вихідний; 33 – напіввісь; 34 – стакан; 36 – болт; 42 – шестерня ведена; 43 – диференціал міжколісний; 45 – шестерня напівосьова; 48 – кришка; 49 – гайка підшипника диференціала; 50 – стопор; 51 – картер редуктора

Рисунок 2.1 – Центральний редуктор середнього моста [4, 5]

Міжосьовий диференціал [4, 5]:

- забезпечує розподіл крутного моменту між ведучими колесами моста;
- дозволяє колесам обертатися з різними коловими швидкостями, що необхідно під час повороту або руху по нерівностях.

Поведінка при втраті зчеплення [4, 5]:

- диференціал розподіляє крутний момент порівну між колесами, незалежно від умов зчеплення з дорогою;
- при повороті самоскида зовнішнє колесо проходить більший шлях і, завдяки роботі диференціала, робить більше обертів, ніж внутрішнє.
- у разі, коли одне колесо опиняється на слизькому покритті, а інше — на сухому, крутний момент передається на колесо з меншим опором, що може призвести до пробуксовування.
- для підвищення прохідності та поліпшення тягових характеристик у таких умовах необхідне блокування диференціала.

2.2 Можливі дефекти деталей центрального редуктора середнього моста самоскида МАЗ 6516А8

До основних несправностей редуктора середнього моста самоскида в цілому належать шум та витікання мастила [4].

					КРБМТВА 2520166.000 ПЗ	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Можливі дефекти деталей редуктора середнього моста наведені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Можливі дефекти деталей редуктора середнього моста

Деталі	Можливі дефекти	Причина появи дефекту
Корпусні деталі (картери)	Тріщини, злами. Зношення внутрішніх поверхонь під підшипники і під чашку підшипників.	Підвищені ударні навантаження та вібрації.
Шестерні (півосей, ведучі, ведені, сателіти)	Наскрізні тріщини, поломки зубів. Викрашування поверхонь зубів. Зношення посадочної поверхні шестерень, півосей і зубів за товщиною.	Підвищені ударні навантаження, нерівномірні навантаження на зубчасте колесо, порушення міжосьової відстані.
Вали, півосі	Зношення: шліців за товщиною; шийок під підшипники і під манжети; різьбових поверхонь; отворів під штифти.	Підвищені контактні напруження і нерівномірні навантаження.
Хрестовини	Зношення шліцевого отвору та поверхні під сателіти.	Підвищені контактні напруження.
Чашки диференціалів	Зношення зовнішньої поверхні під підшипник і шліцевих поверхонь.	Підвищені контактні напруження.
Підшипники	Вихід з ладу підшипникових вузлів.	Порушення умов змащування та підвищені навантаження.

2.3 Технологія знімання центрального редуктора середнього моста самоскида МАЗ

Можливість правильно і безпечно демонтувати редуктор середнього моста є важливою складовою при проведенні ТО або ремонту вантажного автомобіля. Для цього слід дотримуватись певної послідовності дій. Нижче наведено детальну інструкцію щодо знімання редуктора середнього моста самоскида МАЗ [3].

					КРБМТВА 2520166.000 ПЗ	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перед початком будь-яких робіт потрібно переконатись, що самоскид встановлено на рівну горизонтальну поверхню. Додатково потрібно надійно зафіксувати його за допомогою домкратів або підставок та забезпечити дотримання заходів безпеки: охолодити ДВЗ, від'єднати акумуляторну батарею, а також відключити усі електричні дроти та шланги, щоб уникнути коротких замикань або інших аварійних ситуацій [3].

На наступному етапі необхідно зняти задні колеса. Для цього спочатку потрібно послабити гайки кріплення за допомогою кермового ключа, після чого підняти задню частину машини, встановіть її на підставки чи домкрат, повністю відкрити та зняти колеса, поклавши їх у безпечне місце. Також потрібно відтиснути ручне гальмо до початку демонтажу [3].

Далі потрібно дотримуватись наступної послідовності дій з демонтажу редуктора [3]:

1. Від'єднайте карданний вал з боку редуктора.
2. Від'єднайте всі трубопроводи паливно-мастильних матеріалів, що підходять до редуктора.
3. Відкрийте барабан гальмівного механізму та акуратно зніміть гальмівні колодки.
4. Від'єднайте пневматичні гальмівні шланги, що з'єднуються з редуктором.
5. Від'єднайте вал спідометра, який кріпиться до редуктора.
6. Від'єднайте елементи рульової тяги, що мають з'єднання з редуктором.
7. На завершення – відкрутіть кронштейн редуктора, яким він кріпиться до рами автомобіля.

Знімаючи редуктор, будьте уважними до його ваги та габаритів – використовуйте підйомні пристрої або допомогу іншої особи. Дотримання інструкції дозволить безпечно демонтувати вузол без ризику пошкодження компонентів.

					КРБМТВА 2520166.000 ПЗ	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.4 Оцінка технічного стану середнього моста самоскида МАЗ методом аналізу шуму під час руху

Для діагностики технічного стану ведучого моста вантажного автомобіля застосовують метод акустичного контролю, який базується на аналізі звукових проявів (шуму) при русі транспортного засобу в різних режимах. Перевірка проводиться поетапно, у 3 основні стадії, що дозволяє максимально точно ідентифікувати джерело небажаного звуку та оцінити стан механізмів моста [4, 5].

На 1-й стадії діагностики самоскид розганяють до швидкості приблизно $v = 20,0$ км/год., оскільки на цьому режимі шум зазвичай прослуховується найчіткіше. Далі поступово збільшують швидкість руху до $v = 90,0$ км/год., уважно прислухаючись до всіх сторонніх звуків, які виникають під час руху. При цьому обов'язково фіксують швидкості, на яких шум з'являється і зникає. Потім знижують швидкість, використовуючи гальмування ДВЗ, і відстежують, чи повторюється поява шуму на тих самих швидкісних діапазонах. Якщо звук виникає і зникає на однакових швидкостях як при розгоні, так і при уповільненні — це важливий діагностичний сигнал.

На 2-й стадії проводиться оцінка моста у вільному русі без впливу ДВЗ. Самоскид розганяють до швидкості приблизно $v = 100$ км/год., після чого вимикають передачу і зупиняють двигун. Машину залишають котитися накатом до повної зупинки, одночасно аналізуючи наявні звукові ефекти на всіх швидкісних режимах. Якщо шум з'являється і зникає на тих самих швидкостях, що й на 1-му етапі, можна зробити висновок, що його джерелом є не редуктор. Натомість, якщо шум виявляється лише в режимі з навантаженням, тобто під час роботи ДВЗ (на 1-му етапі), а в режимі накату зникає — є ймовірність, що джерелом шуму виступає головна передача, підшипники або півосі [4, 5].

На завершальному, 3-му етапі діагностики технічного стану ведучого моста самоскида, оцінювання проводиться безпосередньо на місці, без руху ТЗ. При нерухомому автомобілі поступово збільшують частоту обертання колінчастого валу ДВЗ, спостерігаючи за характером і джерелом шуму. Отримані звукові

					КРБМТВА 2520166.000 ПЗ	Арк.
						16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ефекти порівнюють із тими, які були зафіксовані на попередніх етапах (під час руху з навантаженням і накатом).

Якщо шум, який виникає на холостому ході, подібний до шуму, що спостерігався під час 1-го етапу випробувань, то джерело звуку, найімовірніше, не пов'язане з головною передачею. Таким чином, головну передачу можна виключити зі списку підозрюваних вузлів. Якщо ж навпаки — шум проявляється лише під час руху з навантаженням і зникає в режимі накату або при роботі ДВЗ без навантаження — джерелом може бути саме головна передача редуктора.

Для уточнення та остаточної діагностики самоскид вивішують так, щоб ведучі колеса були вільними (відривалися від землі). Далі заводять ДВЗ, вмикають пряму передачу і спостерігають за роботою редуктора. Особливу увагу звертають на наявність сторонніх звуків, вібрацій, а також на загальний рівень шуму під час обертання шестерень і валів. Якщо присутні відчутні шуми або нагрівання корпусу, це може свідчити про наявність несправностей.

2.4.1 Можливі причини підвищеного шуму або перегріву редуктора

До можливих причин підвищеного шуму або перегріву редуктора належать [3-5]:

- недостатній рівень або відсутність мастила в картері;
- використання мастильного матеріалу невідповідної в'язкості або типу;
- зношення або пошкодження зубів шестерень головної передачі;
- неправильне зачеплення шестерень;
- зношення або некоректне регулювання підшипників.

У таких випадках необхідно перевірити рівень мастила. Рівень повинен досягати нижньої межі заливного отвору. Якщо мастила недостатньо, його потрібно долити до рекомендованої позначки. Якщо після поповнення мастила проблема не зникає — задній міст підлягає розбиранню та ремонту [3-5].

					КРБМТВА 2520166.000 ПЗ	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.4.2 Перевірка диференціала при шумі на поворотах

Шум під час поворотів є окремим діагностичним критерієм. Часто він виникає через заклинювання сателітів на осі, заїдання півосьових шестерень у корпусі диференціала або зношення підшипників. Для перевірки працездатності диференціала самоскид вивішують, встановлюючи задній міст на підставки. Ручка перемикачів передач має бути в нейтральному положенні. Потім обертають одне з ведучих коліс вручну. Якщо інше колесо починає обертатися в протилежному напрямку без стороннього шуму або стуку — диференціал справний. Якщо обертання другого колеса відбувається в тому ж напрямку, або супроводжується стуком чи тріском — це свідчить про несправність. У такому випадку слід замінити несправні деталі диференціала [3-5].

2.4.3 Виявлення підтікань мастила та перевірка його рівня

Підтікання мастила у середньому моста виявляють за допомогою візуального огляду днища самоскида, а також за наявністю плям на місці його стоянки. Причинами підтікань можуть бути ослаблені болтові з'єднання, пошкоджені прокладки або зношені сальники. Несправності усувають шляхом підтягування кріплень або заміни ущільнювальних елементів [3-5].

Контроль рівня мастила в картері середнього моста виконується через заливний отвір. Перевірку проводять під час стоянки самоскида на рівній горизонтальній поверхні, що гарантує точність вимірювання.

Цей метод дозволяє виявити типові несправності редуктора або інших елементів моста без розбирання агрегату, що особливо зручно при експрес-діагностиці під час ТО.

					КРБМТВА 2520166.000 ПЗ	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.5 Технічне обслуговування середнього моста самоскида МАЗ

При ЩТО зовнішнім оглядом проводять перевірку підтікання мастила з картера ведучого моста [6].

При ТО-1:

- проводять перевірку рівня мастила в КПП;
- прочищають отвір вентиляції картера.

При ТО-2:

- виконують роботи ТО-1;
- регулюють зачеплення між шестернями головної передачі;
- замінюють мастило в картері ведучого моста.

2.6 Регулювання центрального редуктора середнього моста самоскида МАЗ

2.6.1 Перевірка та регулювання осьового зазору в підшипниках ведучої шестірні

Для забезпечення надійної роботи редуктора середнього моста важливо своєчасно перевіряти і регулювати осьовий зазор у підшипниках ведучої шестірні. Надмірний або, навпаки, недостатній зазор може спричинити перегрівання, підвищене спрацювання або поломку елементів головної передачі. Процес перевірки складається з наступних етапів [3-5]:

1. Зняти центральний редуктор – для доступу до елементів головної передачі та диференціала.
2. Демонтувати механізм блокування диференціала (поз. 20, рис. 2.1).
3. Зняти кришку сальника (поз. 15), яка закриває доступ до внутрішніх вузлів.
4. Витягнути вал приводу мостів (поз. 30) разом з міжосьовим диференціалом (поз. 29). Під час цієї операції обов'язково потрібно обертати вал до моменту,

					КРБМТВА 2520166.000 ПЗ	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

коли лиски на чашках диференціала розташуються навпроти шестірні (поз. 10). Це полегшить демонтаж і запобігатиме пошкодженню деталей.

5. Зняти картер 7, відкручуючи відповідні кріпильні елементи.

6. Вийняти картер 8 підшипників разом із ведучою шестірнею 3, відкрутивши кріплення.

Регулювання натягів підшипників:

1. Підшипники валу ведучої шестірні (поз. 9) регулюють зміною товщини регулювальної шайби (поз. 6). Зменшення її товщини збільшує натяг, а збільшення – зменшує.

2. Підшипники диференціала (поз. 47) регулюють гвинтовими гайками (поз. 49).

Переміщення шестірень для досягнення правильного зачеплення – ведучу шестірню можна перемістити в осьовому напрямку для регулювання положення зубчастого зачеплення з веденою шестірнею. Це досягається зміною кількості регулювальних шайб (поз. 5) під фланцем корпусу підшипників:

1. Щоб віддалити ведучу шестірню від веденої – додати шайби.

2. Щоб наблизити ведучу шестірню до веденої – зняти частину шайб.

3. Ведена шестірня (поз. 42) регулюється за допомогою гайок (поз. 49) підшипників диференціала. Щоб не змінити натяг підшипників, одну гайку відкручують, а іншу закручують на той самий кут. Таким чином досягається переміщення веденої шестірні в осьовому напрямку без порушення базової зтяжки.

4. Після зняття ведучої шестірні та валу приводу (поз. 30), разом із диференціалом (поз. 29), потрібно провести перевірку осьового зазору в підшипниках (поз. 13 і 35). Це доцільно виконувати одночасно з перевіркою підшипників валу та ведучої шестірні (поз. 3), оскільки конструкція редуктора дозволяє провести комплексну діагностику всіх підшипникових вузлів у розібраному стані [3-5].

					КРБМТВА 2520166.000 ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.6.2 Регулювання підшипників валу приводу мостів

Для забезпечення надійної та довговічної роботи валу приводу мостів необхідно правильно відрегулювати попередній натяг у підшипниках 13 (див. рис. 2.1). Така операція дозволяє уникнути передчасного зношування, зменшити вібрації і шум, а також забезпечити точне положення ведучої циліндричної шестірні (поз. 25) у зачепленні з іншими елементами трансмісії. Регулювання проводиться в наступній послідовності [3-5]:

1. Демонтаж і підготовка деталей.

1.1. Розібрати міжосьовий диференціал (поз. 29), що забезпечує рівномірний розподіл крутного моменту на провідні мости.

1.2. Зняти ведучу циліндричну шестірню (поз. 25) з валу, попередньо зафіксувавши її у нерухомому положенні.

1.3. Вийняти підшипники 13 з шестірні, використовуючи спеціальний знімач, щоб не пошкодити посадочні поверхні.

1.4. Ретельно промити всі деталі у гасі або спеціальному очищувачі, щоб видалити залишки старого мастила, металічні частки або бруд. Перед збиранням змастити підшипники свіжим мастилом, рекомендованим виробником.

2. Збирання вузла з урахуванням регулювання [3-5].

2.1. Встановити внутрішній підшипник у гніздо ведучої шестірні 25, перевіривши щільність посадки та чистоту поверхні.

2.2. Послідовно встановити упорну шайбу (поз. 23), стопорну шайбу (поз. 24), другу упорну шайбу 23 і зовнішню обойму підшипника 13.

2.3. Для формування попереднього натягу у підшипниках необхідно відняти від товщини наявного набору регулювальних шайб (поз. 21) величину осьового зазору (виміряного за допомогою індикатора годинникового типу або щупа) та додатково (0,020–0,030) мм. Отримане значення — це нова товщина регулювального набору шайб, який встановлюють на місце.

2.4. Встановити внутрішню обойму зовнішнього підшипника 13, завершивши складання вузла.

					КРБМТВА 2520166.000 ПЗ	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Перевірка попереднього натягу у підшипниках [3-5].

3.1. Встановити шестірню (поз. 25) з установленими підшипниками на стіл гідравлічного преса через спеціальну оправку. Як оправку можна використати хрестовину (поз. 28) та розпірну втулку (поз. 27) в зборі з шестірнею.

3.2. На внутрішню обойму зовнішнього підшипника встановити другу оправку та з невеликою силою стискати вузол, імітуючи монтажне навантаження.

3.3. Здійснити похитування шестірні вручну, перевіряючи наявність осьового зазору та легкість обертання.

3.4. Виміряти силу прокручування шестірні (на її зовнішньому \emptyset) динамометричним ключем або спеціальним пристроєм. Допустиме значення: (5,50–22,0) Н. Це свідчить про достатній попередній натяг у підшипниках — не надмірний і не слабкий.

Якщо сила прокручування вийшла за межі норми, її повторити регулювання — змінити кількість шайб і знову перевірити.

При виявленні відсутнього осьового зазору у підшипниках (поз. 35) вихідного валу (поз. 32) редуктора, необхідно виконати регулювання, змінивши товщину набору регулювальних шайб (поз. 41). Це дозволяє усунути люфт, зменшити вібрації, шум і запобігти передчасному зносу деталей. Регулювання виконується в наступній послідовності:

1. Демонтаж вузла [3-5].

1.1. Відкрутити болти (поз. 36), які кріплять стакан (поз. 34) підшипників до корпусу, та зняти вихідний вал (поз. 32) разом зі стаканом (поз. 34) у зборі.

1.2. Відкрутити гайку (поз. 40), яка фіксує фланець (поз. 39) на валу, після чого зняти фланець (поз. 39) та розібрати підшипниковий вузол, дотримуючись послідовності, щоб не пошкодити деталі.

1.3. Очистити всі елементи вузла від залишків мастила та забруднень, промивши їх у гасі або спеціальному розчиннику. Перед збиранням нанести свіже мастило на елементи тертя — підшипники, обойми, посадочні поверхні.

2. Підготовка до регулювання [3-5].

					КРБМТВА 2520166.000 ПЗ	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.1. Затиснути вал у лещатах (через м'які накладки, щоб не пошкодити шліци чи поверхню), та встановити внутрішню обойму внутрішнього підшипника (поз. 35) на вал.

2.2. Встановити стакан (поз. 34) у зборі із зовнішніми обоймами підшипників на вал. Перевірити чистоту та стан посадкових місць.

2.3. Підібрати новий набір регулювальних шайб (поз. 41), товщина якого повинна бути меншою за початкову на величину осьового зазору, що був виявлений при перевірці, $+(0,020-0,030)$ мм. Це забезпечить необхідний попередній натяг у підшипниках.

2.4. Встановити внутрішню обойму зовнішнього підшипника, переконавшись у правильності її посадки.

3. Складання та перевірка натягу [3-5].

3.1. Встановити фланець (поз. 39) на вал.

3.2. Затягнути гайку (поз. 40) з моментом $M = (400,0-500,0)$ Н·м, контролюючи момент динамометричним ключем. Переконатися в надійності фіксації.

3.3. Похитуванням і обертанням фланця (поз. 39) вручну перевірити наявність осьового зазору, а також легкість обертання вузла.

3.4. Виміряти силу прокручування фланця, прикладаючи її на радіусі отворів у ньому. Допустиме зусилля: $F = (6,50-25,60)$ Н. Якщо прокручування занадто туге або легке, потрібно перерегулювати натяг, змінюючи товщину шайб.

4. Завершення регулювання [3-5].

4.1. Після остаточного затягування гайки (поз. 40), її відкручують на півоберта і зашплінтовують, щоб запобігти самовільному ослабленню під час роботи.

4.2. Встановити зібраний вал із підшипниковим вузлом і фланцем у корпус редуктора, та закріпити стакан (поз. 34) болтами (поз. 36), дотримуючись рекомендованого моменту затягування.

					КРБМТВА 2520166.000 ПЗ	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 Конструкція, принцип роботи, основні дефекти, матеріал шліцьового валу привода центрального редуктора середнього моста самоскида МАЗ 6516А8

3.1 Характерні дефекти шліцьового валу привода та методи їх усунення

Шліцьовий вал (рис. 3.1) — відповідальний елемент трансмісійного механізму, який в умовах експлуатації зазнає значних механічних, динамічних та термічних навантажень. Внаслідок цього виникає низка характерних дефектів, які потребують вчасного виявлення та правильно підібраної методики ремонту або заміни.

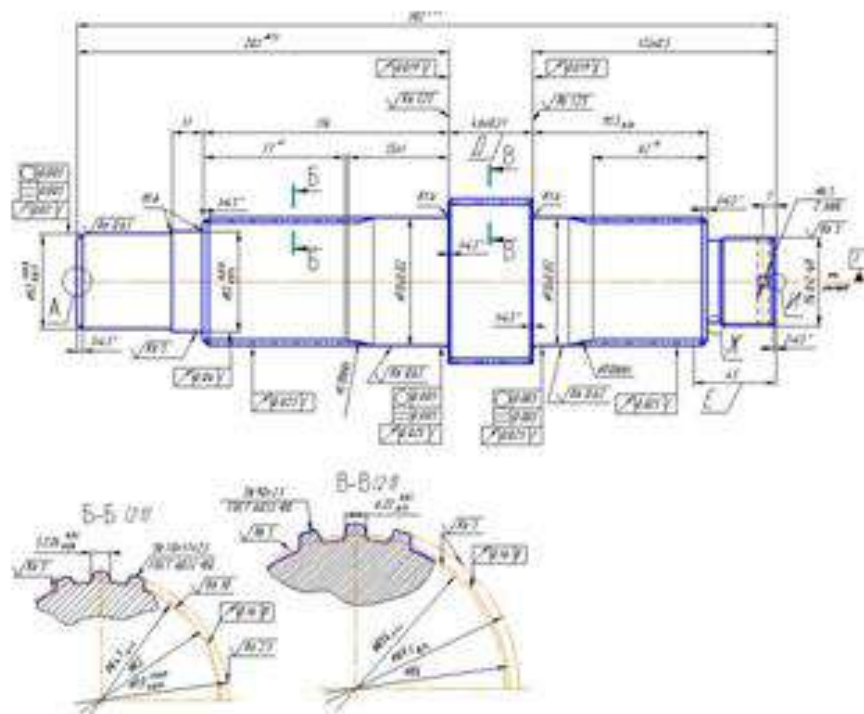


Рисунок 3.1 – Креслення валу привода центрального редуктора середнього моста

До основних дефектів шліцьового валу відносяться [7-12]:

1. Зношування:

					КРБМТВА 2520166.000 ПЗ	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- посадкових місць під підшипники;
- поверхонь під маточини, ущільнювальні манжети, шпонкових з'єднань;
- бічних поверхонь шліців або зубців, які забезпечують передачу крутного моменту.

2. Деформаційні ушкодження:

- прогин (вигини) валу;
- скручування, яке порушує співвісність елементів з'єднання.

3. Інші пошкодження:

- мікро- або макротріщини у матеріалі;
- руйнування або термічне пошкодження термооброблених поверхонь шліців (викришування).

Усунення деформацій шліцьового валу наступне [7-12]:

1. Якщо стріла вигину не перевищує 0,50 мм, дефект усувається шляхом проточування та шліфування.

2. При значніших відхиленнях від прямолінійності, коли стріла прогину перевищує (0,100–0,150) мм, вал необхідно виправляти, застосовуючи методи правки з попереднім нагрівом або без нього.

Скручування валу виявляють за зміщенням шліців або шпонкових канавок за довжиною. Такі вали підлягають вибраковуванню, оскільки відновлення їх геометрії технічно недоцільне або економічно невиправдане.

Також не підлягають ремонту вали з виявленими тріщинами, а також які зазнали руйнівних термічних змін поверхневого шару шліців, оскільки вони втратили необхідні міцнісні характеристики.

Методика ремонту зношених поверхонь шліцьових валів залежить від глибини зносу, характеру навантаження, а також марки сталі, з якої виготовлено деталь [7-12]:

При незначному зносі (< 0,150 мм):

1. Гальванічне залізнення — ефективний спосіб нанесення шару металу з точною товщиною.

					КРБМТВА 2520166.000 ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Електроіскрове наплавлення, яке забезпечує високу зносостійкість тонкого шару.

При значному зносі (> 0,150 мм):

1. Вібродугове наплавлення.
2. Наплавлення в захисному середовищі CO₂ або аргону.
3. Плазмове наплавлення, яке забезпечує глибоке проплавлення та якісну адгезію.
4. Металізація порошками або дротом, яка дає можливість відновлення зносостійких поверхонь великої площі.
5. Напикання металевих порошоків, стрічки або дроту на відповідних установках.

Після відновлення деталі піддаються механічній обробці до номінальних розмірів. Обов'язково враховується припуск на остаточне шліфування.

Під час вибору присадного матеріалу для наплавлення важливо враховувати:

1. Хімічний склад основного металу.
2. Рівень зносу та необхідну товщину шару.
3. Твердість, зносостійкість та термостійкість.
4. Подальші умови експлуатації (навантаження, температура, середовище).

Таким чином, основні дефекти шліцьового валу привода центрального редуктора середнього моста зведені у табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Основні дефекти шліцьового валу привода центрального редуктора середнього моста

Дефект	Причина появи
Зношування шліців.	Нерівномірні навантаження на шліцьове з'єднання.
Зношування шийок під підшипники.	Підвищені навантаження на вал.
Ушкодження різьби	Підвищені навантаження на різьбу.

3.2 Методи ремонту шліцьового валу привода центрального редуктора середнього моста

У процесі експлуатації шліцьового валу часто виникає потреба в їх відновленні через знос елементів, які передають крутний момент або забезпечують з'єднання з іншими деталями. Одним з ефективних методів відновлення валів є застосування технології пластичної деформації, що дозволяє відновити геометрію шліцьових елементів без наплавлення.

Суть цього методу полягає в тому, що на зовнішній поверхні шліців по всій довжині рівномірно прокатується спеціальний диск-ролик, який створює радіальний тиск на виступи шліца. В результаті такого впливу відбувається переміщення металу від центральної частини профілю шліца до його бічних поверхонь. Таким чином підвищується точність профілю та відновлюється посадка у шліцьовому з'єднанні. Зазвичай ролик заточується під кутом $60,0^\circ$, що відповідає формі профілю шліца. Операцію роздачі шліців виконують на токарно-гвинторізному верстаті, використовуючи спеціальні пристрої, які забезпечують рівномірний натиск ролика на поверхню.

Також до типових дефектів шліцьового валу належить пошкодження або повне зношення різьбової частини. У такому разі спочатку різьбу зрізають токарним різцем, після чого на цю ділянку наплавляють шар металу, що відповідає за характеристиками основному матеріалу валу. Далі наплавлену частину обточують до необхідного діаметра, і на ній нарізають нову різьбу, яка може бути як номінального, так і ремонтного розміру залежно від умов ремонту. Для контролю якості різьбового з'єднання проводять перевірку контрольною каліброваною гайкою, що дозволяє переконатися у правильності профілю, глибини та повноти різьби.

Завдяки цим технологічним заходам забезпечується надійне та ефективне відновлення функціональних властивостей шліцьового валу, що дозволяє значно продовжити термін служби привода центрального редуктора середнього моста самоскида, в який він встановлений.

					КРБМТВА 2520166.000 ПЗ	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.3 Аналіз технологічності шліцьового валу при ремонті та відновленні

Технологічність конструкції шліцьового валу — це сукупність властивостей, які забезпечують доцільність та економічну ефективність процесів виготовлення, експлуатації та його ремонту. Вона проявляється у зменшенні витрат часу, матеріалів, трудових ресурсів та засобів при технічній підготовці і здійсненні виробничих та ремонтних процесів. Конструкція з високою технологічністю сприяє підвищенню продуктивності праці, зниженню собівартості та забезпечує якісне обслуговування і довговічність шліцьового валу.

Основні типи технологічності шліцьового валу:

1. Виробнича — зручність і доцільність конструкції для виготовлення на існуючому технологічному обладнанні з мінімальними затратами.
2. Експлуатаційна — легкість обслуговування, заміни витратних елементів і функціонування в умовах експлуатації.
3. Ремонтна — це адаптованість конструкції шліцьового валу та його окремих складових до виконання ремонтно-відновлювальних операцій з мінімальними зусиллями і втратами часу.

Розглянемо вплив конструктивних факторів на ремонтну технологічність шліцьового валу.

1. Доступність — визначає зручність доступу до деталей, що потребують обслуговування чи заміни. У конструкції середнього моста забезпечено відносно прийнятну доступність до основних вузлів та елементів. Наприклад, при розбиранні вузлів можливо ефективно використовувати пневматичні гайковерти та інші засоби механізації, що значно полегшує виконання ремонтних робіт і скорочує їх тривалість.

2. Легкознімання — передбачає таке компонування і способи з'єднання елементів, які дозволяють без надмірних зусиль і спеціальних пристроїв виконувати демонтаж та монтаж вузлів. У середньому мосту самоскида МАЗ 6516А8 конструктивно передбачене попереднє збирання окремих вузлів, зокрема редуктора, картера моста, міжосьового диференціала, заднього валу. Кріплення

					КРБМТВА 2520166.000 ПЗ	Арк.
						28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

виконано за допомогою стандартних шестигранних болтів з метричною різьбою, а з'єднання деталей — по простих площинах, що спрощує процес складання й розбирання.

3. Відновлюваність — це здатність конструкції витримувати неодноразове відновлення шліцьового валу, який зазнав зносу, без втрату функціональності. Наприклад, у середньому мосту можливе відновлення зношених шийок валів під підшипники, різьбових з'єднань, шліцьових поверхонь. Для цього застосовуються сучасні методи відновлення, такі як дугове наплавлення, електроіскрова обробка, гальванічне напилення, металізація, що дозволяє уникнути повної заміни шліцьового валу і зменшити витрати на ремонт.

Загалом, конструкція середнього моста МАЗ 6516А8 демонструє задовільний рівень ремонтної технологічності. Вона дозволяє проводити ремонтні та профілактичні роботи з міні зусиллями, забезпечуючи ефективне обслуговування, економію ресурсів і тривалий термін експлуатації ключових елементів.

4. Взаємозамінюваність і стандартизація — це два важливі принципи, що значно підвищують ефективність проєктування, виробництва, експлуатації та ремонту шліцьового валу.

5. Стандартизація — це комплекс узгоджених норм, технічних умов, вимог, правил і положень, що спрямовані на упорядкування діяльності в певній сфері техніки. Основна мета — досягнення оптимальної економії матеріальних, трудових та енергетичних ресурсів при забезпеченні надійності функціонування шліцьового валу, дотриманні умов експлуатаційної безпеки і вимог охорони праці. У багатьох складальних вузлах сучасної техніки, зокрема й у автомобільній, використовуються стандартизовані елементи — підшипники кочення, болти, гайки, шайби, ущільнювачі, прокладки, манжети тощо. Це значно полегшує ТО, ремонт і заміну в разі виходу з ладу, що сприяє скороченню простоїв обладнання та зниженню витрат.

6. Регульованість — важлива властивість, яка полягає в можливості налаштовувати або коригувати параметри з'єднань і вузлів без потреби в заміні деталей. У розглянутому шліцьовому валі передбачена можливість регулювання

					КРБМТВА 2520166.000 ПЗ	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

натягів підшипникових вузлів. Застосування регулювальних прокладок, втулок, кільцевих вставок дає змогу точно налаштувати параметри роботи таких механізмів, як редуктор, диференціал, а також забезпечує узгоджену роботу всієї трансмісії транспортного засобу.

Обслуговування даного вузла також організовано з урахуванням зручності доступу. Для виконання планових операцій, таких як очищення, змащування або візуальна перевірка стану, передбачені спеціальні отвори в корпусі редуктора, які закриваються знімними кришками. Це дозволяє проводити сервісні операції без потреби в повному демонтажі вузла.

7. Уніфікація — це ще один принцип, тісно пов'язаний із стандартизацією. Він означає свідоме використання в конструкції однотипних деталей і вузлів, однакових за функціональним призначенням, у різних машинах або механізмах. Це сприяє зниженню кількості типорозмірів, спрощує виготовлення і ремонт, зменшує склад запасних частин. У даному шліцьовому валі, наприклад, широко використовуються уніфіковані конструктивні елементи: канавки, виточки, проточки. Крім того, значна частина компонентів редукторів середнього та заднього мостів — таких як ведучі шестерні, вали приводу мостів — є уніфікованими, що значно полегшує їх взаємозамінність та обслуговування.

8. Блокова конструкція — це один із важливих чинників технологічності, що характеризує розчленованість машини або механізму на окремі раціонально виділені конструктивні елементи, які виготовляються окремо, мають визначене функціональне призначення і можуть обслуговуватись або ремонтуватись окремо від інших частин. Такий підхід значно полегшує як виготовлення, так і подальшу експлуатацію й обслуговування, особливо при ремонтах. У даному випадку вузол середнього моста автомобіля розділено на окремі блоки: картер моста, редуктор, міжосьовий диференціал, що забезпечує зручність демонтажу та збирання кожної частини без необхідності повної розборки конструкції.

9. Рівномірність складових елементів — ще один ключовий принцип, який означає, що всі деталі, з яких складається блок, повинні мати однаковий або близький по значенню ресурс служби, що дорівнює або перевищує міжремонтний

					КРБМТВА 2520166.000 ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

термін експлуатації самого блоку. У разі дотримання цього правила, блокова структура машини зберігається навіть при проведенні капітального ремонту. У випадку середнього моста МАЗ рівномірність не дотримується повністю, оскільки окремі деталі, такі як вал, підшипники, шестерні, мають різну довговічність, що зумовлює необхідність їх часткової заміни при ТО.

Досліджувана деталь – шліцьовий вал привода центрального редуктора середнього моста відноситься до жорстких деталей. Це пояснюється тим, що співвідношення довжини до середнього діаметра $< 10,0$, що забезпечує високу стійкість до деформацій під час обробки та експлуатації. Конструкція валу в цілому проста, не містить складних елементів чи важкооброблюваних поверхонь, за винятком шліцьових з'єднань, які вимагають високої точності та спеціалізованого інструменту. Незважаючи на це, обробка деталі може виконуватись високопродуктивними режимами, що позитивно впливає на собівартість виготовлення.

Усі поверхні шліцьового валу добре доступні для інструментів, що спрощує технологічні операції. Крім того, контрольні розміри шліцьового валу легко піддаються точному вимірюванню, що забезпечує якісну перевірку готового виробу. До оброблюваних поверхонь пред'являються високі вимоги з точки зору точності і чистоти, зокрема, найточніша поверхня має клас точності IT6 при шорсткості $Ra = 0,63$ мкм.

Коефіцієнт використання матеріалу становить $k = 0,620$, що свідчить про достатньо економне використання заготовки під час виготовлення. Маса деталі $m = 9,0$ кг, що забезпечує оптимальне поєднання міцності, маси й технологічності у складі вузла. Таким чином, конструкція і параметри шліцьового валу повністю відповідають вимогам серійного виробництва і ремонту в умовах сучасного автосервісу.

Таким чином, врахування принципів взаємозамінюваності, стандартизації, регульованості, обслуговуванні й уніфікації при конструюванні сприяє підвищенню надійності, ремонтпридатності та економічності всієї технічної системи.

					КРБМТВА 2520166.000 ПЗ	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.4 Вибір матеріалу шліцьового валу

Звичайні вуглецеві сталі не завжди можуть відповідати сучасним вимогам, що пред'являються до металів у будівництві та машинобудуванні. У таких випадках застосовують так звані леговані конструкційні сталі, механічні та технологічні властивості яких поліпшені завдяки додаванню певних легуючих елементів.

Легування різними хімічними елементами дозволяє не лише покращити міцність і зносостійкість сталі, а й підвищити її жароміцність, жаростійкість та корозійну стійкість.

Для виготовлення шліцьового валу застосовують конструкційну леговану хромомарганцеву сталь 25ХГТ ДСТУ 7806:2015. Сталева заготовка у вигляді кругів зі сталі 25ХГТ широко застосовується для виготовлення високонавантажених зубчастих коліс та інших деталей, які працюють в умовах інтенсивного тертя. Твердість таких деталей за шкалою Роквелла перевищує HRC 59, що свідчить про їхню високу міцність і довговічність [13-16].

Хімічний склад і механічні властивості використовуваної сталі наведені на рис. 3.2 і табл. 3.2 [13-16].

C	0,22 - 0,29
Si	0,17 - 0,37
Mn	0,8 - 1,1
Ni	до 0,3
S	до 0,035
P	до 0,035
Cr	1 - 1,3
Ti	0,03 - 0,09
Cu	до 0,3
Fe	~96

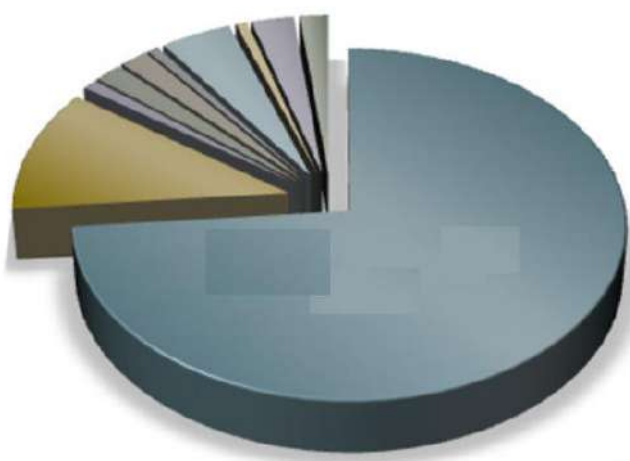


Рисунок 3.2 – Хімічний склад сталі 25ХГТ у %[13-16]

Таблиця 3.2 – Механічні властивості сталі 25ХГТ

Стан постачання, режим термообробки	$\sigma_{0,2}$ (МПа)	σ_B (МПа)	δ_5 (%)	Ψ (%)	KCU (кДж/м ²)	HRc не більше
Прутки. Нормалізація 880-950 °С, повітря. Гартування 850 °С, масло. Відпустка 200 °С, вода, масло або повітря	980	1270	10	50	69	-
Цементація 920-950 °С, повітря. Гартування 840-860 °С, масло. Відпустка 190-210 °С, повітря	1100	1500	9		60	Поверхні 57-63

Марка сталі 25ХГТ має наступну розшифровку букв:

- 25: Вказує на вміст С, в даному випадку – близько 0.25%;
- Х: Вказує на наявність Cr, легуючого елемента, що надає сталі підвищену міцність і корозійну стійкість;
- Г: Вказує на підвищений вміст Mn, який також покращує міцнісні характеристики та оброблюваність;
- Т: Вказує на підвищену термічну обробку, що дозволяє добитися певних механічних властивостей.

Замінники сталі 25ХГТ: 18ХГТ, 30ХГТ, 25ХГМ [13-16].

Зарубіжні аналоги сталі 25ХГТ наведені у табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Зарубіжні аналоги сталі 25ХГТ

США	AISI 4130
Великобританія	EN25

4 Розробка ТП відновлення шліцьового валу привода центрального редуктора середнього моста самоскида МАЗ 6516А8

4.1 Форми організації ТП відновлення шліцьового валу

У практиці ремонту та ТО деталей машин застосовуються 4 основні форми організації ТП відновлення: подефектна, групова, маршрутна та маршрутно-групова. Вибір конкретної форми залежить від типу деталей, обсягів їх відновлення, характеру дефектів, а також наявного обладнання та технологічних можливостей виробництва [17-19].

Оскільки в даному випадку відновленню підлягає лише одна деталь, а загальний обсяг її відновлення становить 800 одиниць, оптимальним рішенням є застосування подефектної форми організації ТП [17]. Ця форма є найбільш доцільною в умовах одиничного або дрібносерійного виробництва, де необхідно забезпечити індивідуальний підхід до кожного випадку дефекту.

4.1.1 Основні особливості подефектної організації ТП відновлення

Відновлювальні роботи проводяться відповідно до технологічної карти, яку розробляють окремо для кожного виявленого дефекту. Це дає змогу точно врахувати специфіку пошкодження і підібрати найбільш ефективний метод ремонту [17-19].

У випадках, коли деталь має декілька дефектів різного характеру, що потребують застосування різних технологічних методів ремонту, виникають труднощі з правильним визначенням послідовності виконання робіт. Це може негативно вплинути на загальну якість ремонту, оскільки втрачається можливість гарантованого збереження геометрії та точності базових поверхонь.

Особливу увагу слід приділити послідовності технологічних операцій: спочатку необхідно виконати ті з них, які можуть вплинути на стан базових

					КРБМТВА 2520166.000 ПЗ	Арк.
						34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

поверхонь (наприклад, наплавлення, зварювання), а вже після цього здійснюється обробка та доведення інших поверхонь.

4.1.2 Доцільність застосування подефектної технології

Такий підхід найчастіше застосовується у ремонтних майстернях, які спеціалізуються на відновленні обмеженої кількості деталей, або у випадках, коли відновлення потребує індивідуального підходу.

Незалежно від форми організації ТП, обов'язково передбачається етап контролю якості, на якому оцінюється точність відновлення розмірів, геометричних форм, шорсткості поверхонь та ін. експлуатаційні характеристики [17-19].

Таким чином, подефектна форма організації ТП є ефективною для забезпечення високої точності ремонту в умовах дрібносерійного або одиничного виробництва, а також у випадках складних або індивідуальних дефектів.

4.2 Аналіз ТП відновлення шліцьового валу привода центрального редуктора

Тривалість служби відремонтованих вузлів та агрегатів значною мірою визначається рівнем застосованої технології ремонту, якістю виконання операцій з відновлення, а також точністю дотримання геометричних та функціональних параметрів, які закладені в конструкцію деталі. Це особливо важливо при відновленні шліцьових валів, які є відповідальними елементами у механізмах передавання обертового моменту та часто піддаються дії змінних навантажень [17-19].

До типових дефектів шліцьових валів, які виникають у процесі тривалої експлуатації, відносяться [17-19]:

– значний знос робочих шийок, на яких розташовуються підшипники кочення або ковзання;

					КРБМТВА 2520166.000 ПЗ	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- пошкодження ущільнюючих поверхонь і посадок під кільця;
- зношення різьбових ділянок, шліців та зубчастих елементів;
- утворення задирів, мікротріщин, скручування валу чи короблення площин з'єднання.

Основним завданням при ремонтно-відновлювальних роботах є правильний вибір технологічної схеми нанесення шару, який відновлює зношені ділянки, визначення оптимального базування та розробка точного маршруту механічної обробки, що забезпечить як відновлення геометрії, так і механічної міцності деталі. Крім того, необхідно зменшити похибки встановлення на обладнанні, що досягається включенням до ТП спеціальних операцій припасування або притирання базових отворів, які використовуються як установчі при обробці [17-19].

Для оцінки економічної ефективності ремонту зношених деталей використовується такий показник, як відносна собівартість відновлення. Під цим терміном мається на увазі собівартість відновлювальних операцій, приведена до одиниці ресурсу служби деталі після ремонту. Цей показник вважається узагальненим і найбільш об'єктивним, оскільки враховує не тільки повні витрати на ремонт, але й експлуатаційний період деталі, що дозволяє судити про доцільність застосування тієї чи іншої технології [17-19].

На початковому етапі визначення технології ремонту необхідно для кожного виявленого дефекту встановити найбільш раціональний спосіб відновлення: ним вважається такий метод, який дозволяє досягти max ресурсу служби при min витратах праці, матеріалів і часу. Вибір способу відновлення здійснюється у два етапи [17-19].

1-й етап — технологічна оцінка: аналізуються доступність і доцільність використання технологічного обладнання, інструменту, витратних матеріалів.

2-й етап — техніко-економічна оцінка, яка враховує вартість робіт, тривалість ремонту, надійність відновленої деталі в експлуатації та загальні показники ефективності.

					КРБМТВА 2520166.000 ПЗ	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У результаті, якісний ремонт шліцьових валів та інших деталей машин можливий лише за умови виваженого підходу до вибору технології, забезпечення контролю якості на кожному етапі та впровадження ефективних методів обробки і регулювання, які забезпечують надійність і довговічність відновлених поверхонь.

Технологічний критерій є важливим показником, який визначає можливість застосування певного способу відновлення зношеної деталі з урахуванням кількох ключових факторів, до яких належать:

- умови експлуатації деталі (включаючи навантаження, вібрації, температурні режими та інші зовнішні впливи);
- особливості її конструктивного виконання, які можуть обмежувати або, навпаки, полегшувати застосування конкретних методів ремонту;
- тип і глибина термічної обробки, якої зазнала як уся деталь загалом, так й її дефектна поверхня зокрема.

Цей критерій дає змогу сформувати попередній перелік можливих способів ліквідації дефекту або відновлення втрачених геометричних розмірів. Проте, остаточний вибір найбільш ефективного та доцільного варіанту відновлення здійснюється вже за техніко-економічним критерієм. Саме він враховує співвідношення витрат на відновлення до ресурсу подальшої експлуатації деталі, дозволяючи знайти найбільш раціональне рішення з точки зору економіки й технічної доцільності [17-19].

У табл. 4.1 наведені оптимальний варіант відновлення зношених поверхонь шліцьового валу.

Таблиця 4.1 – Методи відновлення зношених поверхонь шліцьового валу

Поверхня, мм	Метод відновлення
Шліци $5,226_{-0,06}^{-0,12}$, $6,22_{-0,07}^{-0,15}$, $\varnothing 70,0_{-0,060}^{-0,089}$, $\varnothing 70,0_{\pm 0,02}$, $\varnothing 89,30_{-0,23}$	Наплавлення під шаром флюсу
Різьба М 48x2-6h, $\varnothing 52_{-0,010}^{-0,029}$, $\varnothing 55_{-0,030}^{-0,076}$	Вібродугове наплавлення

4.3 Проектування ТП відновлення шліцьового валу

1. Дефектація шліцьового валу:

- візуальний огляд і вимірювання зношених ділянок;
- виявлення дефектів (зношення шийок, корозія, мікротріщини тощо);
- встановлення обсягів відновлення та вибір поверхонь для обробки.

2. Попередня токарна обробка. Мета: зняття зношеного шару металу для підготовки до наплавлення. Точність обробки – груба (з припуском під наплавлення):

- забезпечити рівномірну глибину для формування потрібної товщини наплавленого шару;
- очищати оброблені поверхні від стружки, мастила та забруднень.

3. Наплавлення зношених ділянок. Спосіб наплавлення: дугове наплавлення в середовищі захисного газу (або інший обраний метод). Наплавлювані ділянки: шийки під підшипники, посадочні поверхні тощо:

- забезпечити суцільність наплавленого шару та необхідний припуск під чистову обробку;
- повільне охолодження або термообробка після наплавлення (за потреби).

4. Механічна обробка наплавлених поверхонь (чистова токарна):

- остаточна токарна обробка наплавлених поверхонь до номінального розміру;
- контроль шорсткості поверхонь та геометрії згідно з технічними вимогами.

5. Шліфування шийок (чистове):

- точне шліфування підшипникових шийок до необхідного класу точності та шорсткості;
- забезпечення співвісності оброблених поверхонь.

6. Контроль якості виконаних робіт:

- перевірка геометричних розмірів і шорсткості;
- контроль твердості наплавленого шару;
- балансування шліцьового валу (за необхідності);

					КРБМТВА 2520166.000 ПЗ	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– протоколи контролю.

7. Консервація і передача на склад або в монтаж:

– очищення шліцьового валу, нанесення захисного мастила;

– упакування або передача на подальше складання.

Способи механічної обробки після відновлення шліцьового валу привода центрального редуктора середнього моста самоскида МАЗ 6516А8 наведені у табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Способи механічної обробки після відновлення шліцьового валу привода центрального редуктора середнього моста самоскида МАЗ 6516А8

Поверхня	Квалітет розміру	Шорсткість	Способи обробки
$\varnothing 52,0^{+0,010}_{-0,029}$	6h	Ra 0,63	Точіння, цементация, шліфування.
$\varnothing 55,0^{+0,030}_{-0,076}$	6h	Ra 5,0	Точіння, цементация, 1-е шліфування, 2-е шліфування
Шліці 5,226 ^{-0.06} _{-0.12}	8h	Ra 2,5	Точіння, фрезерування черв'ячною фрезою, цементация, шліфування.
Шліці 6,220 ^{-0.07} _{-0.15}	8h	Ra 5,0	Точіння, фрезерування черв'ячною фрезою, цементация, шліфування.
$\varnothing 70,0^{\pm 0,02}$	6h	Ra 0,63	Точіння, цементация, 1-е шліфування, 2-е шліфування
M 48×2-6h	6h	Ra 0,63	Точіння, нарізування нарізання різьби

4.3.1 Маршрут відновлення шліцьового валу

Шліцьовий вал привода центрального редуктора середнього моста самоскида МАЗ 6516А8 відноситься до класу деталей тіл обертання [21, 22]. Послідовність операцій ТП його відновлення наступна:

А 005. Мийка.

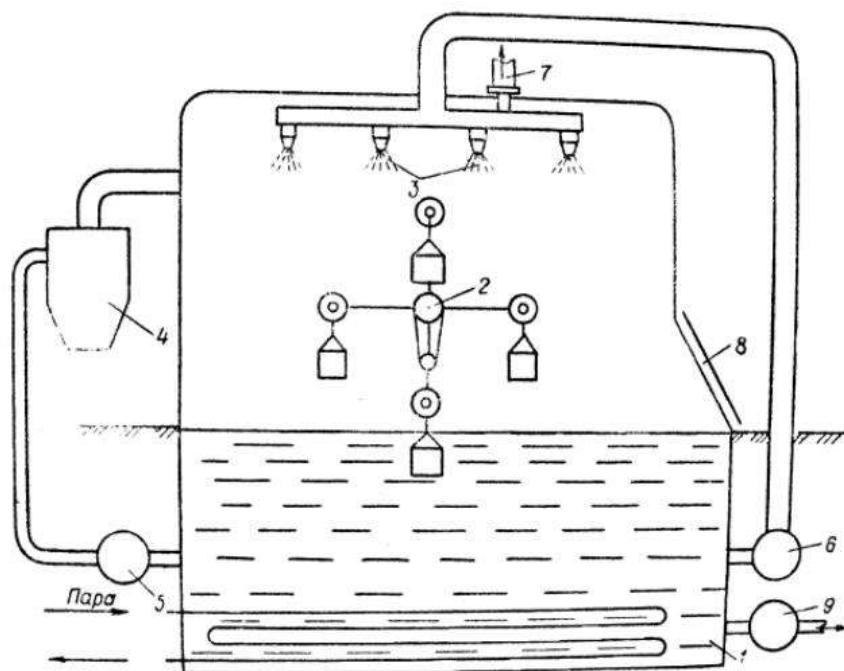
Б. Мийна машина.

О. Промити деталь.

					КРБМТВА 2520166.000 ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вибираємо струминне очищення синтетичним миючим засобом Лабомід-203 концентрацією 25,0 г/л при температурі $t = 85\text{ }^{\circ}\text{C}$. Мийку виконуємо у роторній мийній машині ОМ-15429 упродовж 15 хв. [20].

На рис. 4.1 подано схематичне зображення роторної мийної машини типу ОМ-15429, яка широко застосовується для ефективного очищення деталей від забруднень [20]. Конструктивно машина складається з місткої ванни, в якій розміщена обертаюча хрестовина з 4-ма підвісками. Забруднені шліцьові вали поміщають у спеціальні корзини, які підвішуються до хрестовини. Після цього, за допомогою привідного механізму шліцьовим валам надається круговий рух. Така циркуляція забезпечує активну взаємодію поверхні шліцьових валів з мийною рідиною.



1 — ванна; 2 — привод з підвісками (4 шт.); 3 — сопла розпилювальні; 4 — гідроциклон; 5 і 6 — насоси; 7 — вивід до вентиляційної камери; 8 — вікно для завантажування; 9 — насос фекальний

Рисунок 4.1 – Схема роторної мийної машини ОМ-15429

Суттєвим фактором ефективності є поєднання фізико-хімічного впливу мийного розчину з механічним ефектом періодичного обтікання поверхонь

					КРБМТВА 2520166.000 ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

рідиною. Рідина стікає з шліцьових валів, після чого вони повторно занурюються в мийне середовище. Окрім цього, на шліцьові вали діють струмені з душового пристрою, які додатково очищають поверхню. Завдяки цим комплексним впливам досягається високий рівень очищення навіть складно конфігурованих деталей.

Машина також обладнана гідроциклонами — пристроями для очищення мийного розчину від механічних домішок, що підвищує ефективність її роботи. У процесі експлуатації мийна машина герметично закривається кришками, що дозволяє значно зменшити теплові втрати, зберігаючи оптимальну температуру мийного розчину та забезпечуючи енергоефективність роботи агрегату.

А 010. Дефектація.

Б. Стіл контрольний.

О. Визначення зносу поверхонь, мм: $\varnothing 52,0^{+0,010}_{-0,029}$, $\varnothing 55,0^{+0,030}_{-0,076}$, $\varnothing 70,0^{\pm 0,02}$; шліців $5,226^{+0,06}_{-0,12}$, $6,22^{+0,07}_{-0,15}$; різьби М 48×2-6h.

А 015. Токарна [21-24].

Б. Токарний верстат 16К20.

О. Виправити центрові отвори.

А 020. Токарна.

Б. Токарний верстат 16К20.

О. Установ А. Точити поверхні, мм: $\varnothing 52,0^{+0,010}_{-0,029}$, $\varnothing 55,0^{+0,030}_{-0,076}$, $\varnothing 70,0^{\pm 0,02}$; шліці $5,226^{+0,06}_{-0,12}$.

Установ Б. Точити поверхні для різьби М 48x2-6h, шліці $6,220^{+0,07}_{-0,15}$, $5,226^{+0,06}_{-0,12}$, поверхню, мм: $\varnothing 70,0^{\pm 0,02}$.

А 025. Наплавлення.

Б. Токарний верстат 16К20, установка для наплавлення під шаром флюсу [25-27].

					КРБМТВА 2520166.000 ПЗ	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

О. Установ А. Наплавити під шаром флюсу западини шліців $\varnothing 64,500^{-0,72}$ мм і $\varnothing 81,60^{-0,83}$ мм поздовжніми швами, а потім наплавити зовнішні поверхні $\varnothing 70,0^{-0,060-0,089}$ мм, $\varnothing 70,0^{\pm 0,02}$ мм, $\varnothing 89,30^{-0,23}$ мм кільцевим швом.

А 030. Контрольна.

Б. Стіл контрольний.

О. Контролювати якість наплавленого металу і розміри наплавлених поверхонь.

А 035 Наплавлення.

Б. Токарний верстат 16К20, установка для вібродугового наплавлення.

О. Установ А. Наплавити вібродуговим наплавленням поверхні, мм: $\varnothing 52,0^{-0,010-0,029}$, $\varnothing 55,0^{-0,030-0,076}$.

Установ Б. Наплавити вібродуговим наплавленням поверхню М 48,0x2,0-6h.

А 040. Контрольна.

Б. Стіл контрольний.

О. Контролювати якість наплавленого металу і розміри наплавленої поверхні.

А 045. Нормалізація.

Б. Піч.

О. Виконати нормалізацію наплавлених поверхонь.

А 050. Токарна.

Б. Токарний верстат 16К20.

О. Виправити центрові отвори.

А 055 Токарна.

Б. Токарний верстат 16К20.

О. Установ А. Точити поверхні, мм: $\varnothing 52,0^{-0,010-0,029}$, $\varnothing 55,0^{-0,030-0,076}$, $\varnothing 70,0^{\pm 0,02}$.

Установ Б. 1) Точити поверхні, мм: $\varnothing 70,0^{\pm 0,02}$, $\varnothing 47,08^{-0,13}$.

2) Нарізувати різьбу М 48,0x2,0-6h.

А 060. Шліцефрезерна.

Б. Шліцефрезерний напівавтомат 5350А.

					КРБМТВА 2520166.000 ПЗ	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

О. Установ А. Нарізувати шліци Ев.70,0x2,50x26,0 на довжині $l = 77,0$ мм.

Установ Б. Нарізувати шліци Ев.70,0x2,50x26,0 на довжині $l = 63,0$ мм.

А 065. Шліцефрезерна.

Б. Шліцефрезерний напіваавтомат 5350А.

О. Нарізувати шліци Ев.90,0x3,50x26,0 на довжині $l = 46,0$ мм.

А 070 Вертикально-свердлувальна.

Б. Свердлувальний верстат 2Н135.

О. Свердли 2 отвори в ремонтний розмір $\varnothing 8,0$ мм.

А 075. Мийка.

Б. Мийна машина.

О. Промити шліцьовий вал.

А 080. Контрольна.

Б. Стіл контрольний.

О. Контролювати якість, розміри поверхонь шліцьового валу і технічні вимоги до нього.

А 085. Шліфувальна.

Б. Круглошліфувальний верстат 3Б161.

О. Установ А. Шліфувати поверхні, мм: $\varnothing 52,0^{+0,010}_{-0,029}$, $\varnothing 5,05^{+0,030}_{-0,076}$, $\varnothing 70,0^{\pm 0,02}$,
 $\varnothing 70,0^{+0,060}_{-0,089}$.

Установ Б. Шліфувати поверхні, мм: $\varnothing 70,0^{\pm 0,02}$, $\varnothing 70,0^{+0,060}_{-0,089}$.

А 090. Шліфувальна.

Б. 3Б151

О. Установ А. Шліфувати поверхні, мм: $\varnothing 52,0^{+0,010}_{-0,029}$, $\varnothing 55,0^{+0,030}_{-0,076}$, $\varnothing 70,0^{\pm 0,02}$,
 $\varnothing 70,0^{+0,060}_{-0,089}$.

Установ Б. Шліфувати поверхню, мм: $\varnothing 70,0^{\pm 0,02}$, $\varnothing 70,0^{+0,060}_{-0,089}$.

А 095. Контрольна.

Б. Стіл контрольний.

					КРБМТВА 2520166.000 ПЗ	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

О. Перевірити: 1) Якість наплавлених поверхонь, відсутність тріщин, гострих кромок, пір, задирок.

2) Перевірити шорсткість оброблених поверхонь.

3) Здійснити контроль поверхонь, мм: $\varnothing 52,0^{+0,010}_{-0,029}$, $\varnothing 55,0^{+0,030}_{-0,076}$, $\varnothing 70,0^{\pm 0,02}$

4) Здійснити контроль шліців Ев.70,0x2,50x26,0.

5) Здійснити контроль шліців Ев.70,0x2,50x26,0.

6) Здійснити контроль шліців Ев.90x3,5x26.

7) Здійснити контроль різьби М 4 8x2-6h.

У шліцьовому валі привода центрального редуктора середнього моста самоскида МАЗ 6516А8 відновленню наплавленням під шаром флюсу порошковим дротом підлягають поверхні:

- шийки валу $\varnothing 70,0^{\pm 0,02}$ мм довжиною $l = 55,0$ мм;
- шийки валу $\varnothing 70,0^{\pm 0,02}$ мм довжиною $l = 32,50$ мм;
- шліци Ев.90,0x3,50x24,0 довжиною $l = 77,0$ мм;
- шліци Ев.70,0x2,50x26,0 довжиною $l = 77,0$ мм;
- шліци Ев.70,0x2,50x26,0 довжиною $l = 63,0$ мм;

У шліцьовому валі відновленню вібродуговим наплавленням підлягають поверхні:

- шийки валу $\varnothing 52,0^{+0,010}_{-0,029}$ мм довжиною $l = 52,0$ мм;
- шийки валу $\varnothing 55,0^{+0,030}_{-0,076}$ мм довжиною $l = 17,0$ мм;
- різьби М 48x2-6Н довжиною $l = 37,50$ мм.

Визначимо необхідну товщину шару покриття для поверхні різьби М 48x2-6h:

1. Обробка перед відновленням - одноразове точіння.
2. Спосіб відновлення - вібродугове наплавлення.
3. Наступна обробка - точіння, нарізування різьби.

Товщина нарощуваного шару:

					КРБМТВА 2520166.000 ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$h_{cl} = \Delta_u + T + \sum z_i, \quad (4.1)$$

де $\Delta_u = 0,1\text{мм}$ – величина зносу шліцьового валу;

$T = 0,25\text{мм}$ – допуск розміру поверхні (підготовка поверхні - обточування одноразове з точністю IT12);

$\sum z_i$ - мінімальні припуски на наступну обробку, мм.

$$\sum z_i = z_{точ.}, \quad (4.2)$$

де $z_{точ.}$ - припуск на сторону на операції точіння, мм;

Обточування наплавлених поверхонь здійснюється у центрах, тому:

$$\varepsilon_{точ.} = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_3^2} = 0, \quad (4.3)$$

де $\varepsilon_{\delta} = 0$ та $\varepsilon_3 = 0$ - похибки базування і закріплення відповідно.

Тоді припуск на операцію точіння:

$$2 \cdot z_{i_{\min}} = 2 \cdot (Rz_{i-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1}), \quad (4.4)$$

де Rz_{i-1} , мм - висота нерівностей профілю, отримана на попередньому переході;

h_{i-1} , мм - глибина дефектного шару, отримана на попередньому переході;

ρ_{i-1} , мм - сумарні просторові відхилення розташування поверхні, отриманої на попередньому переході.

ε_i , мм - похибка установки деталі на виконуваному переході

					КРБМТВА 2520166.000 ПЗ	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приймаємо:

$$Rz_{напл.} + h_{напл.} = 0,8 + 0,4 = 1,2 \text{ мм.} \quad (4.5)$$

$$\rho_{напл.} = \Delta_k \cdot l, \quad (4.6)$$

де $l = 30,5 \text{ мм}$ - довжина ділянки шліцьового валу;

$\Delta_k = 1,3 \text{ мкм}$ - питома кривизна шліцьового валу на 1 мм довжини.

$$\rho_{напл.} = \Delta_k \cdot l = 1,3 \cdot 30,5 = 39,65 \text{ мкм.} \quad (4.7)$$

Приймаємо $\rho_{напл.} = 40 \text{ мкм}$.

Тоді припуск на операцію точіння шліцьового валу:

$$2 \cdot z_{точ.} = 2 \cdot (0,8 + 0,4 + 0,04) = 2 \cdot 1,24 \text{ мм.} \quad (4.8)$$

Сумарний припуск на обробку шліцьового валу:

$$\sum z_i = 1,24 \text{ мм.} \quad (4.9)$$

Мінімальна товщина наплавленого шару шліцьового валу:

$$h_{сл} = 0,1 + 0,25 + 1,24 = 1,59 \text{ мм.} \quad (4.10)$$

Врахувавши висоту різьби, приймаємо:

$$h_{сл} = 1,6 + 1,1 = 2,7 \text{ мм.} \quad (4.11)$$

					КРБМТВА 2520166.000 ПЗ	Арк.
						46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Номинальний розмір поверхні до відновлення шліцьового валу:

$$A = A_n - 2 \cdot t_{nn}, \quad (4.12)$$

де $A_n = 48 \text{ мм}$ - номинальний розмір нового шліцьового валу;

$t_{nn} = 1,2 \text{ мм}$ - товщина покриття, необхідна для забезпечення нормальної роботи шліцьового валу.

Тоді:

$$A = 48 - 2 \cdot 1,2 = 45,6_{-0,13} \text{ мм} \quad (4.13)$$

Номинальний розмір після відновлення шліцьового валу:

$$A_B = A + 2 \cdot h_{cl} = 45,6 + 2 \cdot 2,7 = 51^{+1,2} \text{ мм}. \quad (4.14)$$

Результати розрахунку товщини покриття для поверхні різьби М 48x2-6h наведені у табл. 4.3.

Таблиця 4.3 - Результати розрахунку товщини покриття для поверхні різьби М 48x2-6h.

Технологічний перехід обробки М 48x2-6h	Елемент припуску, мм				$2z_{\min}$, мм	Розрах. розмір, мм	Допуск, мм
	Rz	h	P	ε			
Наплавлення	0,80	0,40	0,0 50	-	-	50,350	1,20 (IT15)
Точіння	-	-	-	-	2x1,240	47,870	0,130 (IT12)

Поверхня - $\varnothing 52,0_{-0,029}^{-0,010}$.

Обробка перед відновленням - одноразове точіння.

Спосіб відновлення - вібродугове наплавлення.

					КРБМТВА 2520166.000 ПЗ	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Наступна обробка для шийки $\varnothing 52,0^{+0,010}_{-0,029}$ - точіння, цементация, шліфування, шліфування.

Припуск на операцію точіння:

$$2z_{\text{точ.}} = 2(Rz_{\text{напл.}} + h_{\text{напл.}} + \rho_{\text{напл.}}). \quad (4.15)$$

$$Rz_{\text{напл.}} = 0,8 \text{ мм. } h_{\text{напл.}} = 0,4 \text{ мм.} \quad (4.16)$$

$$\rho_{\text{напл.}} = \Delta_n \cdot l = 1,3 \cdot 55 = 71,5 \text{ мкм.} \quad (4.17)$$

Приймаємо $\rho_{\text{напл.}} = 0,1 \text{ мм.}$

$$2 \cdot z_{\text{точ.}} = 2 \cdot (0,8 + 0,4 + 0,1) = 2 \cdot 1,3 \text{ мм.} \quad (4.18)$$

Припуск на операцію чорнового шліфування (після цементації):

$$2z_{\text{шл.1}} = 2(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1}). \quad (4.19)$$

де:

$$Rz_{i-1} = 0,05 \text{ мм.}$$

$$\rho_{\text{точ.}} = 0,05 \cdot \rho_{\text{напл.}} = 0,05 \cdot 0,1 = 0,005 \text{ мм.} \quad (4.20)$$

$$\rho_{\text{то}} = \Delta_n \cdot l = 1,3 \cdot 55 = 71,5 \text{ мкм.} \quad (4.21)$$

Приймаємо:

$$\rho_{\text{то}} = 0,1 \text{ мм.}$$

$$\rho_{i-1} = \sqrt{(0,005)^2 + 0,1^2} \approx 0,1 \text{ мм.} \quad (4.22)$$

					КРБМТВА 2520166.000 ПЗ	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$h_{i-1} = 0.$$

Тоді:

$$2 \cdot z_{\text{шл.1}} = 2 \cdot (0,05 + 0 + 0,1) = 2 \cdot 0,15 \text{ мм.} \quad (4.23)$$

Припуск на операцію чистового шліфування для шийки:

$$2 \cdot z_{\text{шл.2}} = 2 \cdot (Rz_{\text{шл.1}} + h_{\text{шл.1}} + \sqrt{\rho_{\text{шл.1}}^2 + \varepsilon_{\text{шл.2}}^2}). \quad (4.24)$$

де $Rz_{\text{шл.1}} = 0,01 \text{ мм.}$

$$\varepsilon_{\text{шл.2}} = 0.$$

$$\rho_{\text{шл.1}} = 0,05 \cdot \rho_{i-1} = 0,05 \cdot 0,1 = 0,005 \text{ мм.} \quad (4.25)$$

$$2 \cdot z_{\text{шл.2}} = 2 \cdot (0,01 + 0 + \sqrt{0,005^2 + 0}) = 2 \cdot 0,015 \text{ мм.} \quad (4.26)$$

$$\sum z_i = 1,3 + 0,15 + 0,015 = 1,465 \text{ мм.} \quad (4.27)$$

Приймаємо $\Delta_u = 0,2 \text{ мм.}$

Тоді:

$$h_{\text{сл}} = 0,2 + 0,30 + 1,465 = 1,965 \text{ мм.}$$

Приймаємо $h_{\text{сл}} = 2,0 \text{ мм.}$

$$A = 52 - 2 \cdot 0,2 = 51,6_{-0,30} \text{ мм.}$$

$$A_B = 51,6 + 2 \cdot 2 = 55,6^{+1,2} \text{ мм.}$$

					КРБМТВА 2520166.000 ПЗ	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

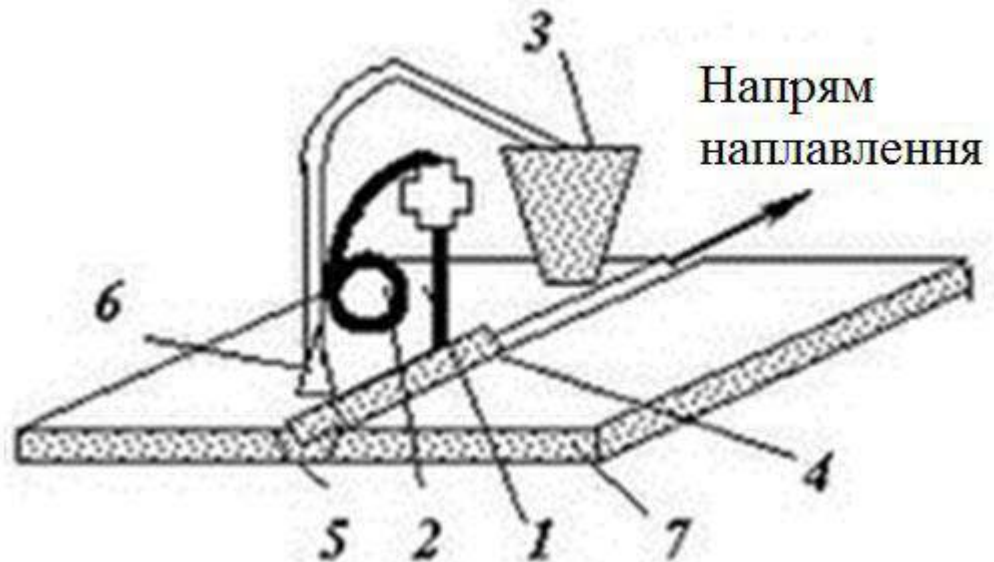
Таблиця 4.4 – Результати розрахунку товщини покриття для поверхні під підшипник $\varnothing 52,0^{+0,010}_{-0,029}$.

Технологічний перехід обробки $\varnothing 52,0^{+0,010}_{-0,029}$	Елемент припуску, мм				$2z_{\min}$, мм	Розрах. розмір, мм	Допуск, мм
	Rz	h	P	ε			
Наплавлення	0,80	0,40	0,10	-	-	54,901	1,20 (IT15)
Точіння	0,050	0,05	0,005	-	2·1,30	52,301	0,190 (IT11)
Цементація	-	-	0,10	-	-	-	-
Шліфування чорнове	0,010	-	0,005	0	2·0,150	52,001	0,074 (IT9)
Шліфування чистове	-	-	-	0	2·0,015	51,971	0,019 (IT6)
Сумарний припуск					2·1,465		

4.4 Параметри наплавлення шліцьового валу під шаром флюсу

Наплавлення під шаром флюсу належить до одного з ефективних способів дугового зварювання, при якому електрична дуга горить під щільним шаром флюсу. Цей флюс виконує надзвичайно важливу роль — він захищає зварювальну ванну та шов від окиснення і негативного впливу O_2 та інших газів, що містяться в навколишньому повітрі. Завдяки цьому забезпечується висока якість наплавленого шару, а також зменшуються внутрішні дефекти металу. Такий метод зварювання особливо широко застосовується для ефективного відновлення зношених елементів машин і механізмів [25].

У цьому процесі використовується електродний дріт без покриття, який подається автоматично в зону горіння дуги. Шар флюсу, товщиною близько (30,0–35,0) мм, повністю закриває зону зварювання. Під час роботи частина флюсу розплавляється, утворюючи захисну газову порожнину навколо дуги, а також рідку шлакову ванну, яка ізолює рідкий метал від повітря. Це сприяє формуванню рівномірного та глибокого шва з гарною зварюваністю та високими механічними характеристиками (рис. 4.2).



1 – зварювальний дріт; 2 – головка; 3 – бункер для флюсу; 4 – зона зварювання; 5 – зварювальний шов; 6 – сопло; 7 – деталь

Рисунок 4.2 – Схема наплавлення шліцьового валу під шаром флюсу [25]

Автоматизована система зварювання виконує низку операцій: подачу дроту, запалювання дуги, переміщення електрода вздовж шва та заварювання кратера в кінці зварного з'єднання. Уся система працює в стабільному режимі, який підтримується зварювальним автоматом, головкою або самохідним трактором, що рухається безпосередньо по виробу. Струм подається до дроту через спеціальний кабель.

Окрім глибокого проплавлення основного металу, процес наплавлення під флюсом відзначається високою продуктивністю та мінімальним розбризуванням металу. У міру просування електрода вперед, рідкий метал та шлак застигають, утворюючи міцний зварний шов, поверхня якого покривається твердою шлаковою кіркою, що згодом видаляється.

Наплавлення шліцьового валу проводимо дротом Нп-80 під флюсом ОСЦ-45 в наступному режимі:

- частота обертання шліцьового валу $n = 2,2 \text{ хв.}^{-1}$;
- подача головки $h = 4,5 \text{ мм/об.}$;

					КРБМТВА 2520166.000 ПЗ	Арк.
						51
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- подача дроту $s = 1,5$ м/хв.;
- зсув електроду 10 м/хв.;
- виліт електроду 10 мм;
- сила струму $I = 250$ А;
- напруга $U = 25$ В.

Для наплавлення шліцьового валу під шаром флюсу застосуємо апарат Tesla Weld SAW/MMA MZ 630 (рис. 4.3).



Рисунок 4.3 – Апарат автоматичного зварювання під флюсом Tesla Weld SAW/MMA MZ 630 [26]

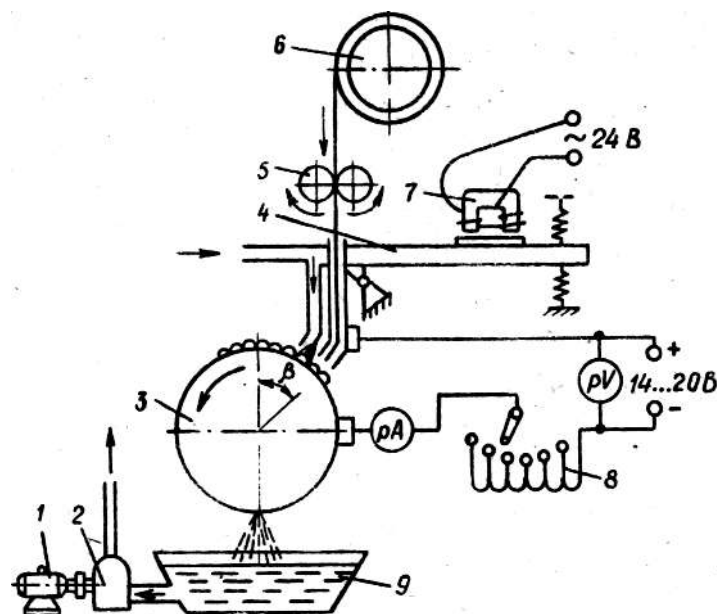
4.5 Параметри відновлення шліцьового валу вібродуговим наплавленням

Вібродугове наплавлення відрізняється від інших способів механізованого наплавлення тим, що в процесі роботи кінець електродного дроту здійснює високочастотні коливальні рухи у площині, яка є перпендикулярною до площини наплавлення. Завдяки цьому забезпечується більш рівномірне розподілення наплавленого металу та покращується структура шару. Важливою особливістю цього способу є також те, що сформований наплавлений шар одночасно охолоджується за допомогою спрямованого струменя охолоджувальної рідини,

					КРБМТВА 2520166.000 ПЗ	Арк.
						52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

що позитивно впливає на властивості металу, знижуючи термічне навантаження на основний матеріал і зменшуючи зону термічного впливу [26-33].

Установка для вібродугового наплавлення (рис. 4.4) включає спеціальну головку, яка кріпиться на супорті звичайного токарного верстата. Ця головка оснащена вібратором, що забезпечує необхідні коливальні рухи електродного дроту, а також механізмом його подачі в зону дуги. До складу обладнання також входить джерело живлення для дугового зварювання, додатковий індуктивний опір (дросель), що стабілізує параметри дуги, та система подачі охолоджувальної рідини на зону наплавлення.



1 — електродвигун; 2 — насос 3 — шліцьовий вал; 4 — мундштук, який вібрує; 5 — механізм для подачі дроту; 6 — касета електродного дроту; 7 — вібратор; 8 — індуктивний опір; 9 — бак із охолоджувальною рідиною

Рисунок 4.4 – Схема вібродугового наплавлення [26]

Такий спосіб наплавлення дозволяє досягати високої якості відновлення зношених поверхонь, зменшувати внутрішні напруження та покращувати експлуатаційні характеристики відновлених деталей.

Приймаємо наступні параметри вібродугового наплавлення шліцьового валу:

– діаметр електродного дроту Нп-65 $d_{el} = 2,0$ мм;

					КРБМТВА 2520166.000 ПЗ	Арк.
						53
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- виліт електродного дроту $v_{ел} = 10$ мм;
 - крок наплавлення $кр = 1,8$ мм/об.;
 - амплітуда вібрації електроду $ампл = 2,0$ мм;
 - охолоджувальна рідина 5%-ний водяний розчин кальцинованої соди Na_2CO_3 ;
 - витрата охолоджувальної рідини $витр = 0,6$ л/хв.;
 - відстань охолоджувальної рідини від електроду $відс = 30$ мм;
 - сила наплавлювального струму $I = 300$ А;
 - щільність струму $q = 110$ А/мм²;
 - напруга дуги при постійному струмі $U = 25$ В;
 - швидкість подачі дроту $V_n = 125$ м/год.;
 - швидкість наплавлення $V_{напл} = 32$ м/год.;
 - продуктивність наплавлення 1,1 кг/год.;
- Приймаємо наступне обладнання для вібродугового наплавлення шліцьового валу [34]:

- установка для вібродугового наплавлення 011-1-10 – рис. 4.5;



Рисунок 4.5 – Установка для вібродугового наплавлення 011-1-10 [34]

- випрямляч струму ВАС-600/300;

					КРБМТВА 2520166.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

- інверторний зварювальний напівавтомат Jasic MIG 250;
- наплавлювальна головка ОКС-1252М;
- джерело живлення електричної дуги – генератор АНД-1000/500;
- перетворювач ПСО-315М;
- електромагнітний вібратор ОРАНЖ-5;
- індуктивний опір – дросель ДР-0,4-0,34 (6462326135).

4.6 Цементация шліцьового валу після відновлення

Шліцьові вали транспортуються на термічну ділянку електронавантажувачем. Перед початком термічної обробки всі вали проходять процедуру знежирення шляхом занурення в 5% содовий розчин, що дозволяє ефективно видалити залишки мастильних матеріалів, забруднень і продуктів обробки після механічних операцій.

Після знежирення шліцьові вали тимчасово зберігаються на спеціально відведеній ділянці поблизу цементацийної печі СШЦМ-6.10/10 [37] – рис. 4.6. Потім вони завантажуються в піч, де проходять процес цементації – науглецьовування поверхневого шару металу. Температура нагріву при цьому становить $t = 930$ °С. Тривалість перебування деталей у печі становить $\tau = 10$ год. Атмосфера печі підтримується сумішшю ендогазу з додаванням 7,0% метану, що сприяє активному насиченню поверхні С для підвищення зносостійкості [35, 36].



Рисунок 4.6 – Шахтна піч для цементації СШЦМ-6.10/10 [37]

					КРБМТВА 2520166.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

Після завершення процесу цементації шліцьові вали піддаються короткочасному охолодженню (підстужуванню), після чого негайно проводиться гартування без попереднього охолодження. Гартування також відбувається в атмосфері ендогазу, а саме охолодження здійснюється у баку з технічним маслом I-20 до температури $t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Це дозволяє забезпечити високу твердість і міцність валів [35, 36].

Наступним етапом є промивання шліцьових валів у мийній машині, знову ж таки у 5% розчині соди, нагрітому до температури $t = 80\text{ }^{\circ}\text{C}$, що дає змогу очистити поверхню від залишків масла. Потім проводиться процес відпуску – нагрівання шліцьових валів до температури $t = 180\text{ }^{\circ}\text{C}$ у печі з захисною атмосферою, що дозволяє зняти залишкові внутрішні напруження після гартування. Відпуск триває $\tau = 2$ год., після чого охолодження здійснюється природним способом – на повітрі [35, 36].

Після завершення всіх етапів термічної обробки готові деталі переміщують на ділянку зберігання або відвантаження, де вони очікують подальшого використання у виробничому процесі або передачі споживачеві.

Цементований шар металевих деталей характеризується неоднорідною концентрацією C за глибиною, яка поступово зменшується від зовнішньої поверхні до внутрішньої серцевини. На самій поверхні після завершення процесу цементації вміст C досягає значень (0,8–1,0) %. Такий вуглецевий градієнт формує характерну мікроструктуру шару, що змінюється залежно від глибини проникнення C [35, 36].

Після повільного охолодження цементованого шару можна виділити три основні структурні зони, які розташовуються послідовно в напрямку від поверхні до центру валу. Перша зона – заевтектоїдна – розташована найближче до поверхні і має підвищену концентрацію C . Вона представлена мікроструктурою, що складається з перліту та вторинного цементиту. Друга зона – евтектоїдна – містить переважно пластинчастий перліт, без включень фериту або цементиту, що свідчить про вміст C , близький до евтектоїдного (0,8 %). Третя, найближча до

					КРБМТВА 2520166.000 ПЗ	Арк.
						56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

серцевини, зона – доевтектоїдна – характеризується зменшенням концентрації С, що супроводжується утворенням мікроструктури з перлітом (рис. 4.7) і феритом. Чим глибше шар, тим більше вміст фериту і менше – перліту [35, 36].

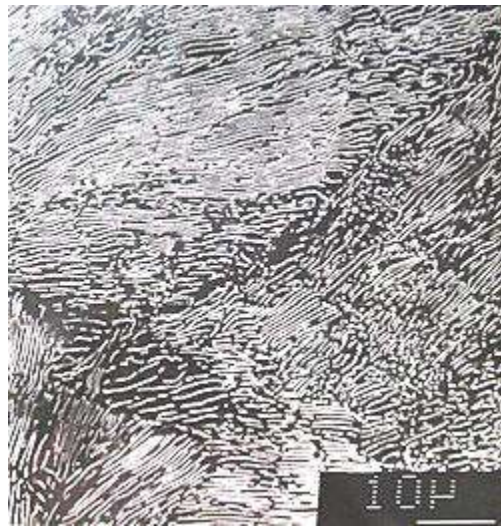


Рисунок 4.7 – Мікроструктура пластинчастого перліту

Така послідовна зміна мікроструктури забезпечує необхідне поєднання властивостей цементованого шару – твердість і зносостійкість на поверхні при збереженні в'язкості та міцності в серцевині.

					КРБМТВА 2520166.000 ПЗ	Арк.
						57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки

Наведені загальні відомості й технічні характеристики самоскида МАЗ 6516А8 Base 2025 і загальні відомості про центральний редуктор його середнього моста з міжосьовим диференціалом. Представлені конструктивні особливості головної передачі центрального редуктора середнього моста досліджуваного самоскида.

На підставі основних несправностей редуктора середнього моста розглянуті можливі дефекти його деталей. Розроблена технологія знімання центрального редуктора, проведена оцінка його технічного стану та методика регулювання з відображенням технічного обслуговування.

Досліджена конструкція, принцип роботи, основні дефекти шліцьового валу привода центрального редуктора середнього моста з призначенням матеріалу для його виготовлення (сталь 25ХГТ).

Спроектований технологічний процес відновлення шліцьового валу:

1. Наплавлення шліцьового валу проводимо дротом Нп-80 під флюсом ОСЦ-45 в апараті Tesla Weld SAW/MMA MZ 630 при наступному режимі:

- частота обертання шліцьового валу $n = 2,2$ хв.-1;
- подача головки $h = 4,5$ мм/об.;
- подача дроту $s = 1,5$ м/хв.;
- зсув електроду 10 м/хв.;
- виліт електроду 10 мм;
- сила струму $I = 250$ А;
- напруга $U = 25$ В.

2. Параметри вібродугового наплавлення шліцьового валу:

- діаметр електродного дроту Нп-65 $d_{el} = 2,0$ мм;
- виліт електродного дроту $v_{el} = 10$ мм;
- крок наплавлення $kr = 1,8$ мм/об.;
- амплітуда вібрації електроду $ампл = 2,0$ мм;

					КРБМТВА 2520166.000 ПЗ	Арк.
						58
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– охолоджувальна рідина – 5%-ний водяний розчин кальцинованої соди Na_2CO_3 ;

– витрата охолоджувальної рідини $v_{итр} = 0,6$ л/хв.;

– відстань охолоджувальної рідини від електроду $відс = 30$ мм;

– сила наплавлювального струму $I = 300$ А;

– щільність струму $q = 110$ А/мм²;

– напруга дуги при постійному струмі $U = 25$ В;

– швидкість подачі дроту $V_n = 125$ м/год.;

– швидкість наплавлення $V_{напл} = 32$ м/год.;

– продуктивність наплавлення 1,1 кг/год.;

Приймаємо наступне обладнання для вібродугового наплавлення шліцьового валу:

– установка для вібродугового наплавлення 011-1-10;

– випрямляч струму ВАС-600/300;

– інверторний зварювальний напівавтомат Jasic MIG 250;

– наплавлювальна головка ОКС-1252М;

– джерело живлення електричної дуги – генератор АНД-1000/500;

– перетворювач ПСО-315М;

– електромагнітний вібратор ОРАНЖ-5;

– індуктивний опір – дросель ДР-0,4-0,34 (6462326135).

Термообробка шліцьового валу після відновлення:

1. Цементация (піч СШЦМ-6.10/10, суміш ендогазу з додаванням 7% метану):

– температура $t = 930$ °С.

– тривалість $\tau = 10$ год.

2. Гартування без попереднього охолодження (температура $t = 930$ °С) протягом $\tau = 4$ год в атмосфері ендогазу, охолодження з маслі до температури $t = 20$ °С.

3. Відпуск: нагрівання шліцьових валів до температури $t = 180$ °С протягом $\tau = 2$ год., після чого охолодження здійснюється природним способом – на повітрі.

					КРБМТВА 2520166.000 ПЗ	Арк.
						59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Список використаних джерел

1. МАЗ 6516А8 6516А8-321 Base 2025 Самоскид, I покоління (рестайлінг) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://auto.ria.com/uk/newauto/complete-maz-6516a8-30416.html>
2. Самоскид МАЗ 6501 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ukrtruck.ua/ru/product/samoskyd-maz-6501/>
3. Як зняти редуктор середнього мосту МАЗ 5516 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://native.woodstar.com.ua/yak-znyati-reduktor-serednogo-mostu-maz-5516/>
4. Будова та експлуатація автомобіля [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://shron1.chtyvo.org.ua/Pavliuk_O/Budova_i_ekspluatatsiia_avtomobilia.pdf
5. Головна передача середнього ведучого мосту МАЗ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwi5hJal28WNAxWWQvEDHapAOMMQFnoECBgQAQ&url=https%3A%2F%2Fs05b59766c9b6c2ba.jimcontent.com%2Fdownload%2Fversion%2F1512994065%2Fmodule%2F14691284922%2Fname%2F12.pdf&usg=AOvVaw3BnpJjPHP49oQPXvQu20Lf&opi=89978449>
6. Дембіцький В.М. Технічна експлуатація автомобілів: Навчальний посібник / В.М. Дембіцький, В.І. Павлюк, В.М. Придюк – Луцьк: Луцький НТУ, 2018. – 473 с.
7. Ялпачик Ф.Ю. Методи відновлення працездатності типових з'єднань обладнання. Методичні вказівки для студентів, напряму підготовки 6.050503 „Машинобудування“ ОКР Бакалавр / Ф.Ю. Ялпачик, С.Ф. Буденко, В.Г. Циб. – Таврійський державний агротехнологічний університет, 2016. – 23 с.
8. Шліцевий вал для промисловості [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ua.yogiemachineryindustry.com/machinery-processing/shaft/cnc-machining-stainless-steel-spline-shaft.html>

					КРБМТВА 2520166.000 ПЗ	Арк.
						60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

9. Шліцьове з'єднання [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Шліцьове_з'єднання

10. Марченко Д.Д. Технологія ремонту машин: курс лекцій для здобувачів вищої освіти ступеня «Магістр» спеціальності 208 «Агроінженерія» денної форми навчання / Д.Д. Марченко. – Миколаїв: МНАУ, 2018. – 134 с.

11. Скуратовський А.К. З'єднання деталей машин: навчальний наочний посібник для здобувачів ступеня бакалавра за спеціальностями 131 «Прикладна механіка», 133 «Галузеве машинобудування» / А.К. Скуратовський, Д.А. Лесик, О.М. Степура – Електронні текстові дані (1 файл: 4,62 Мбайт).–Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 80 с.

12. Основні дефекти шліцевих деталей карданних передач [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://lib.kart.edu.ua/bitstream/123456789/19509/1/Гребенніков.pdf>

13. Сталь 25ХГТ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://auremo.org/materials/stal-25hgt.html>

14. Сталь 25ХГТ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://taktmetal.com/steels/25hgt>

15. Сталь марки 25ХГТ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://metallischekiy-portal.ru/marki_metallov/stk/25XGT

16. Характеристика матеріалу 25ХГТ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.splav-kharkov.com/mat_start.php?name_id=164

17. 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. міськ. госп-ва. – Х.: ХНАМГ, 2009. – 107 с.

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

19. Митко М.В. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів. Організація самостійної та практичної роботи: навчальний посібник / М.В. Митко, О.П. Шиліна, С.В. Цимбал – Вінниця: ВНТУ, 2022. – 98 с.

					КРБМТВА 2520166.000 ПЗ	Арк.
						61
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

20. Автухов А. К., Мартиненко О. Д., Тіхонов О. В., Бантковський В. А. / Сервісна інженерія. Технічний сервіс в АПВ та ремонт машин: курс лекцій для підготовки бакалаврів за спеціальністю 208 «Агроінженерія» (3 кредити). – Х.: ДБТУ, 2022. – 135с.

21. Сідашенко О.І. Технологія ремонту машин та обладнання. Курс лекцій / Сідашенко О.І. Тіхонов О.І., Лузан С.О. та інші. Навч. посібник – Харків: ХНТУСГ, 2017.– 361 с.

22. Ковалевський С. В. Технологія обробки типових деталей і складання машин: конспект лекцій / С. В. Ковалевський, С. Г. Онищук, Ю. Б. Борисенко. – Краматорськ: ДГМА, 2015. – 119 с.

23. Дідик Р. П. Розрахункові операції режимів механічної обробки матеріалів: точіння, свердління, зенкерування, розгортання: навч. посіб. / Р. П. Дідик, В. В. Зіль, С. Т. Пацера. – Д.: Національний гірничий університет», 2013. – 196 с.

24. Горбатюк С.О. Технологія машинобудування: Навчальний посібник / С. О. Горбатюк, М.П. Мазур, А.С. Зенкін, В.Д. Каразей. – Львів: «Новий світ – 2000», 2009. – 358 с.

25. Зварювання під шаром флюсу [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Зварювання_під_шаром_флюсу

26. Апарат автоматичного зварювання під флюсом Tesla Weld SAW/MMA MZ 630 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ua.teslaweld.com/apparat-avtomaticheskoy-svarki-pod-flyusom-tesla-weld-saw-mma-mz-630>

27. Технологія автоматичного зварювання під флюсом [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zvarka.info/texnologiya-avtomatichnogo-zvaryuvannya-pid-flyusom/>

28. Вібродугове наплавлення [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://studfile.net/preview/7709007/page:14/>

29. Вібродугове наплавлення [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://elib.lntu.edu.ua/sites/default/files/elib_upload/11/other/4_4_7_3_.pdf

					КРБМТВА 2520166.000 ПЗ	Арк.
						62
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

30. Конспект лекцій з дисципліни «Наплавлення та напилення» для студентів напряму 6.050504 «Зварювання»/ Укладачі Г.І. Камель, Ю.А. Гасило. – Кам’янське: ДДТУ 2017. – 108 с.

31. Механізовані способи наплавлення зношених деталей [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/fmbt/bilichenko_servis_ta_remont_avto/1.6.html

32. Методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни «Відновлення деталей» для здобувачів освітнього рівня бакалавр за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт» / Укладачі: Левкович М.Г., Сташків М.Я., Сіправська М.Д. – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2021. – 89 с.

33. Методичні вказівки до курсового проекту з дисципліни "Технологія та обладнання для наплавлення" для студентів напряму підготовки 6.050504 "Зварювання" / Укл. В.Д. Кузнецов, Д.В. Степанов. – К.: НТУУ "КПІ" 2013. – 35 с.

34. Наплавлення деталей [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://nubip.edu.ua/node/119971>

35. Цементация сталі [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Цементация_сталі

36. Цементация [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ukrintech.com.ua/materialovedenie-metalloobrabotka/106-glava-5-termicheskaya-obrabotka/263-glava-5-5-5-5-2-5-5-2-2-tsementatsiya>

37. Шахтна піч для цементации СШЦМ-6.10/10 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://bortek.ua/ua/promyshlennye-ehlektropechi/pechi-tsementatsii-stali/shahtnaya-sshcm-6-10-10>

					КРБМТВА 2520166.000 ПЗ	Арк.
						63
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додатки

					КРБМТВА 2520166.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64