

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Відновлення кузовних деталей автомобіля створенням систем
багатошарового покриття

Рівень вищої освіти: перший бакалаврський
Галузь знань: 13 Механічна інженерія
Спеціальність: 132 Матеріалознавство
Освітня програма: Відновлення і технічний сервіс автомобілів

Шифр: КРБМТВА 26. 22090. 000 ПЗ

Виконав: студент 4 курсу,
група МТВА-22-1



Владислав КОЦЕМИР

Керівник, д.т.н., професор



Олександр ДИХА

Нормоконтролер, к.т.н., доцент



Олег БАБАК

До захисту допускаю:
завідувач кафедри ТАМ



Олександр ДИХА

15 06 2026 р.

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет: Інженерії, транспорту та архітектури
Кафедра: трибології, автомобілів та матеріалознавства
Рівень вищої освіти: перший бакалаврський
Галузь знань: 13 Механічна інженерія
Спеціальність: 132 Матеріалознавство
Освітня програма: Відновлення та технічний сервіс автомобілів

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТАМ

Олександр ДИХА



" 15" квітня 2026 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

Коцемир Владислав Миколайович

1. Тема роботи: **Відновлення кузовних деталей автомобіля створенням систем багатoshарового покриття**

Керівник роботи: Диха Олександр Володимирович, д.т.н., проф.

Затверджено наказом університету від 20.01.2026 р. № 7

2. Строк подання студентом роботи на кафедру: 15.06.2026 р.

3. Вихідні дані до роботи:

- 1) Дані про конструкцію елементів кузова автомобіля
- 2) Технічні умови нанесення лакофарбових покриттів
- 3) Матеріали переддипломної практики.
- 4) Нормативно – технологічна документація
- 5) Результати літературного огляду і патентного пошуку.

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

1. Призначення кузова автомобіля та його будова
2. Технологічний процес ремонту деталей кузова
3. Контроль якості лакофарбових покриттів автомобіля

5. Консультанти розділів роботи

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

6. Дата видачі завдання: 20 квітня 2026р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Призначення кузова автомобіля та його будова	1.05.2026	
2	Технологічний процес ремонту деталей кузова	15.05.2026	
3	Контроль якості лакофарбових покриттів автомобіля	30.05.2026	
4	Оформлення пояснювальної записки	10.06.2026	

Студент

 Владислав КОЦЕМИР

Керівник кваліфікаційної роботи

 Олександр ДИХА

РЕФЕРАТ

Обсяг пояснювальної записки – 78 сторінок, кількість рисунків - 24, таблиць - 7, додатків - 1, кількість джерел згідно із переліком посилань - 15.
Студент гр. МТВА-22-1 Коцемир В.М.





Тема «Відновлення кузовних деталей автомобіля створенням систем багатшарового покриття»

Кваліфікаційна робота присвячена дослідженню та вдосконаленню технології фарбування і антикорозійного захисту кузовних деталей автомобіля, зокрема крил автомобіля. Розглянуто основні дефекти лакофарбових покриттів, причини їх виникнення та фактори, що впливають на довговічність захисних шарів. У роботі розроблено технологічний процес ремонту та фарбування крила автомобіля, що включає операції підготовки поверхні, шпаклювання, шліфування, ґрунтування, нанесення емалевих покриттів і сушіння. Обґрунтовано режими виконання технологічних операцій і вибір матеріалів, що забезпечують високу якість покриття. Розглянуто методи контролю якості лакофарбових покриттів, зокрема визначення їх товщини, ударної міцності та зносостійкості. Показано, що правильний вибір технологічних режимів і матеріалів дозволяє підвищити адгезію, корозійну стійкість і довговічність покриттів, що забезпечує підвищення експлуатаційної надійності кузова автомобіля.

Ключові слова: лакофарбове покриття, кузов автомобіля, фарбування, антикорозійний захист, підготовка поверхні, зносостійкість, адгезія, корозія.

Зміст

ВСТУП	6
1 ПРИЗНАЧЕННЯ КУЗОВА АВТОМОБІЛЯ ТА ЙОГО БУДОВА	8
1.2 Будова кузова автомобіля.....	8
1.2 Умови роботи кузова автомобіля та фактори, що спричиняють дефекти лакофарбового покриття	12
1.3 Основні види дефектів крила та лакофарбових покриттів	16
1.4 Призначення антикорозійної обробки та фарбування крила	18
1.5 Огляд існуючих промислових установок для струменевоабразивної обробки	22
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС РЕМОНТУ ДЕТАЛЕЙ КУЗОВА	32
2.1 Технологічний процес демонтажу і монтажу крил автомобіля	33
2.2 Технологічний процес зварювання	42
2.3 Розробка технологічного процесу підготовки поверхні крила автомобіля під фарбування	46

КРБМТВА 26. 22090. 000 ПЗ				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Коцемір		
Перевір.		Диха		
Н.контр.		Бабак		
Затвер		Диха		
Відновлення кузовних деталей автомобіля створенням систем багатошарового покриття			Літ.	Аркуш
			4	70
ХНУ, гр. МТВА-22-1				

**3 КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ ЛАКОФАРБОВИХ ПОКРИТЬ
АВТОМОБІЛЯ.....53**

3.1 Методи вимірювання міцності лакофарбового
покриття..... 54

3.2. Прилади для визначення товщини лакофарбових покриттів.....55

3.3 Методи визначення зносостійкості лакофарбових покритть..... 59

3.4 Методи визначення внутрішніх напружень у покриттях 63

ВИСНОВКИ 70

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 72

Додатки 73

					КРЕМТВА 26. 22090. 000 ПЗ	Ст.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		5

ВСТУП

Сучасний розвиток автомобілебудування характеризується постійним підвищенням вимог до якості, довговічності та надійності транспортних засобів. Одним із ключових факторів, що визначають експлуатаційні властивості автомобіля, є корозійна стійкість кузова та його зовнішній вигляд. В умовах агресивного впливу навколишнього середовища (волога, солі, температурні коливання, механічні пошкодження) забезпечення ефективного захисту металевих поверхонь від корозії набуває особливої актуальності.

Фарбування та антикорозійна обробка кузовних деталей є складними багатостадійними технологічними процесами, що включають підготовку поверхні, нанесення ґрунтових і декоративних покриттів, а також додатковий захист найбільш навантажених зон. Від якості виконання кожної з цих операцій залежить не лише естетичний вигляд автомобіля, але й його довговічність, ремонтпридатність та відповідність сучасним стандартам якості.

Особливу роль у формуванні довговічного покриття відіграють процеси підготовки поверхні, такі як знежирення та фосфатування, які забезпечують належну адгезію між металом і лакофарбовими матеріалами. Використання сучасних методів нанесення покриттів, зокрема електрофоретичного ґрунтування, дозволяє отримати рівномірні покриття навіть у важкодоступних місцях, що суттєво підвищує антикорозійну ефективність.

Разом з тим, у процесі формування лакофарбових покриттів виникають внутрішні напруження, які можуть призводити до появи дефектів, таких як тріщини, відшаровування та зниження адгезійної міцності. Дослідження механізмів виникнення цих напружень і методів їх визначення є важливою складовою підвищення якості покриттів. Особливої уваги потребують методи оцінювання внутрішніх напружень,

					КРБАТ 26. 22101.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		6

які дозволяють прогнозувати довговічність покриттів і оптимізувати технологічні режими їх нанесення.

В умовах сучасного виробництва широко застосовуються механізовані та автоматизовані лінії фарбування, що забезпечують високу продуктивність і стабільність технологічних процесів. Однак ефективність цих систем значною мірою залежить від правильного вибору матеріалів, режимів обробки та контролю якості на всіх етапах виробництва.

Таким чином, дослідження технологічних процесів фарбування та антикорозійного захисту кузовних деталей, а також методів визначення внутрішніх напружень у покриттях є актуальним науково-практичним завданням, спрямованим на підвищення експлуатаційних характеристик автомобілів.

Метою кваліфікаційної роботи є дослідження технології фарбування та антикорозійного захисту кузовних деталей автомобіля, а також аналіз методів визначення внутрішніх напружень у лакофарбових покриттях для підвищення їх довговічності та якості.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

1. Проаналізувати сучасні технологічні процеси підготовки поверхні кузовних деталей до фарбування.
2. Дослідити особливості нанесення ґрунтових та лакофарбових покриттів, включаючи електрофоретичні методи.
3. Розглянути технології антикорозійного захисту кузова автомобіля та застосовувані матеріали.
4. Визначити фактори, що впливають на якість покриттів і їх корозійну стійкість.

					КРБАТ 26. 22101.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		7

5. Проаналізувати механізми виникнення внутрішніх напружень у лакофарбових покриттях.

6. Розглянути існуючі методи визначення внутрішніх напружень (зокрема механічні та оптичні).

7. Оцінити вплив внутрішніх напружень на експлуатаційні властивості покриттів.

8. Запропонувати рекомендації щодо підвищення якості та довговічності лакофарбових покриттів.

					КРБАТ 26. 22101.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		8

1 ПРИЗНАЧЕННЯ КУЗОВА АВТОМОБІЛЯ ТА ЙОГО БУДОВА

1.2 Будова кузова автомобіля

На початковому етапі експлуатації автомобіля його конструкція, як правило, забезпечує достатньо високий рівень надійності, тому обсяги ремонтних робіт є незначними. У цей період переважають локальні втручання, такі як заміна окремих деталей або відновлення окремих вузлів, що вийшли з ладу. Капітальні ремонти агрегатів, а тим більше повне відновлення автомобіля, виконуються відносно рідко.

Однак із плином часу ситуація змінюється: значна кількість транспортних засобів досягає граничного технічного стану. Внаслідок цього різко зростає кількість автомобілів, які потребують відновлення працездатності, і їх число може перевищувати обсяги річного виробництва нових машин.

Разом зі збільшенням обсягів ремонтних робіт змінюється і їх структура. У процесі старіння автомобілів виникає необхідність виконання більш складних і масштабних ремонтів, особливо тих агрегатів і конструктивних елементів, заміна яких є економічно недоцільною або технічно складною.

Сучасні методики розрахунку та проектування кузовів автомобілів, що застосовуються у конструкторській практиці, характеризуються значною складністю і трудомісткістю. При цьому для спрощення розрахунків використовують низку припущень, серед яких:

- * кузов моделюється як комбінована оболонково-стрижнева система: обшивка формує оболонку (дах і підлога), а стійки виконують роль стрижневих елементів;

- * складні просторові форми замінюються сукупністю плоских елементів із ідеалізованими властивостями;

						КРБАТ 26. 22101.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата			9

- * моторний відсік і багажне відділення приймаються як абсолютно жорсткі частини конструкції при аналізі на кручення;
- * стійки дверних прорізів розглядаються як прямолінійні елементи без урахування їх реального нахилу;
- * елементи каркаса зі змінним перерізом замінюються еквівалентними стрижнями з постійними характеристиками;
- * криволінійні стрижневі елементи апроксимуються прямими;
- * обшивка складної форми замінюється плоскими листовими елементами.

Перелік зазначених припущень не є вичерпним, однак навіть він свідчить про обмежену точність розрахунків кузова ще на стадії проєктування. Це особливо важливо при оцінюванні міцності експлуатованих кузовів, що зазнали корозійного пошкодження, оскільки їхні механічні властивості можуть істотно відрізнятися від початкових.

Питання підвищення зносостійкості та довговічності кузовів є пріоритетними для провідних світових виробників і підприємств авторемонту. Для цього застосовуються сучасні технології ремонтно-профілактичних робіт та спеціалізоване обладнання. Зокрема, використовуються установки для нанесення антикорозійних покриттів у важкодоступні зони кузова, сучасні зварювальні апарати, що забезпечують якісне з'єднання тонколистових деталей із мінімальним термічним впливом, а також стенди з гідравлічними приводами та спеціальними пристроями для усунення деформацій.

Впровадження подібного обладнання у практику авторемонтного виробництва сприяє вдосконаленню системи технічного обслуговування і ремонту, що, у свою чергу, забезпечує підвищення довговічності не лише кузова, а й автомобіля в цілому.

					КРБАТ 26. 22101.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		10

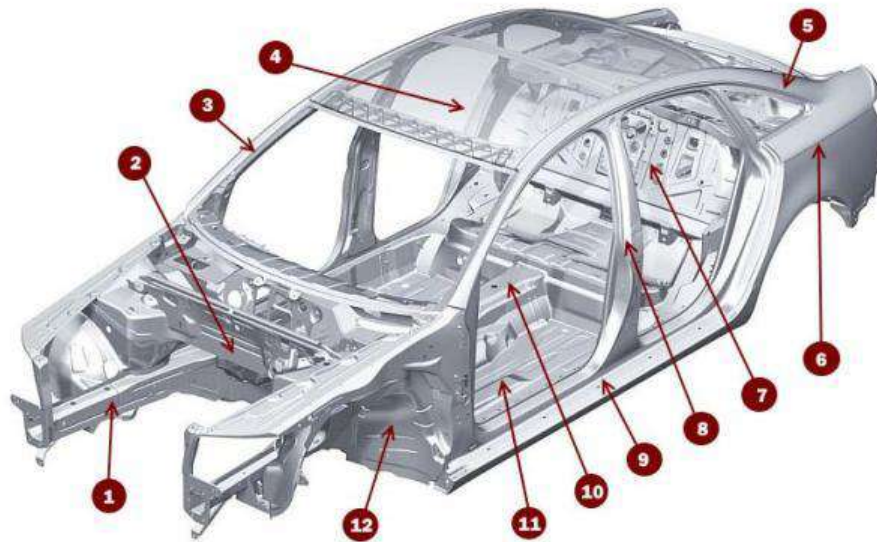


Рис. 1.1 - Деталі кузова автомобіля :

- 1 – панель облицювання радіатора з кожухами фар;
- 2 – переднє праве крило;
- 3 – моторний відсік;
- 4 – дах кузова;
- 5 – заднє ліве крило;
- 6 – підлога задньої частини кузова;
- 7 – центральна стійка боковини;
- 8 – панель підлоги;
- 9 – переднє ліве крило;
- 10 – щиток моторного відсіку;
- 11 – короб повітропритоку;
- 12 – права бічна стінка кузова;
- 13 – накладка передньої стійки;
- 14 – рамка вітрового скла;
- 15 – панель стійки;
- 16 – рамка задньої частини кузова з підсилювальними елементами;
- 17 – верхня накладка боковини;

- 18 – панель задньої стінки;
- 19 – задня стійка кузова;
- 20 – лонжерон задньої підлоги;
- 21 – арка заднього крила;
- 22 – поперечина основи кузова;
- 23 – ліва бічна частина кузова;
- 24 – лонжерон основи з підсилювальною накладкою;
- 25 – стійка передньої підвіски;
- 26 – бризковик (панель) переднього крила моторного відсіку;
- 27 – лонжерон моторної рами.

1.2 Умови роботи кузова автомобіля та фактори, що спричиняють дефекти лакофарбового покриття

У процесі експлуатації автомобіля захисне лакофарбове покриття (ЛФП) зазнає поступових змін, які передусім впливають на його зовнішній вигляд. На поверхні накопичуються різноманітні забруднення, а також відбувається зміна фізико-хімічних властивостей покриття. Як наслідок, знижується блиск, погіршується водонепроникність, з'являються мікротріщини та осередки підплівкової корозії. Усе це свідчить про процес старіння лакофарбового покриття.

На довговічність кузова автомобіля впливає значна кількість експлуатаційних факторів, серед яких основними є кліматичні умови, режим зберігання транспортного засобу, інтенсивність використання, а також рівень забруднення навколишнього середовища. Особливо негативний вплив мають промислові викиди, що містять агресивні хімічні сполуки.

					КРБАТ 26. 22101.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		12

Збільшення обсягів виробництва хімічної продукції (мінеральних добрив, кислот, синтетичних матеріалів) супроводжується викидом у навколишнє середовище значної кількості газів, пилу та інших активних речовин. Це призводить до зростання швидкості атмосферної корозії металів. Додатковим чинником є збільшення інтенсивності автомобільного руху, що спричиняє підвищення концентрації вихлопних газів у повітрі.

У сучасних умовах атмосферні опади в промислово розвинених регіонах часто містять корозійно-активні компоненти, такі як діоксид сірки, оксиди азоту, хлориди та аміак. Їх взаємодія з поверхнею кузова прискорює руйнування лакофарбового покриття та сприяє розвитку корозійних процесів.

Таким чином, умови експлуатації автомобіля є комплексом факторів, що визначають швидкість деградації як захисного покриття, так і самого металу кузова, що необхідно враховувати при виборі технологій захисту та ремонту.



Рис. 1.2 - Причини та характер руйнування лакофарбових покриттів у промисловій зоні.

						КРБАТ 26. 22101.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата			13

Схема характеру забруднення атмосфери промисловими підприємствами представлена на рисунку 1.3. На покриття 1 діють випромінювання 2, сніг 3, дощ 4, що розчиняють різні окисли, що містяться в атмосфері. Кислі опади 8 руйнують покриття і сприяють утворенню здуттів 9,7. У зоні хімічних заводів опади 5 здобувають особливо високу агресивність, швидко руйнують шари емалі і ґрунтовок 6, викликають у метали 7 інтенсивний розвиток вогнищ корозії.

Також лакофарбове покриття втрачає свої фізико-хімічні властивості (блиск, колір, адгезійна стійкість) при експлуатації (дорожні умови: щебінь, пісок та ін.) та при митті кузова автомобіля.

Серйозні руйнування лакофарбових покриттів відбуваються й через порушення правил технічної експлуатації автомобіля: їзда на підвищеній швидкості по пересіченій місцевості, по розбитих дорогах, при переїздах через трамвайні і залізничні колії, а іноді навіть при різкому гальмуванні.

Підвищений знос автомобільного кузова викликається і неврівноваженістю обертових мас (двигуна, карданної передачі, шин). Вібраційні явища, що виникають у цих випадках, передаються на всі з'єднання, на всі панелі і підсилювальні елементи несучого кузова і можуть викликати в початковій стадії появу мікротріщин, а потім і руйнування деталей кузова та ЛФП. Таким чином, при ремонті кузова необхідно зосередити увагу не тільки на, вузлах, у яких явно виражені руйнування лакофарбового покриття, але і на ділянках можливої появи інших дефектів у кузові в результаті впливу вібраційних навантажень.

Ресурс лакофарбового покриття, та кузова взагалі, визначають по характеристиці інтенсивності зносу конструкцій і залежить лише від одного експлуатаційного фактора — тривалості експлуатації. Пробіг

					КРБАТ 26. 22101.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		14

автомобіля в досліджуваних процесах зношування і при оцінці довговічності кузовів не враховується.



Рис. 1.3 - Деталі кузова автомобілів , що піддаються в процесі експлуатації корозійному руйнуванню з підвищеною інтенсивністю:

1, 2 – крило переднє праве, ліве; 3, 4 – брызговик переднього колеса првий/лівий; 5, 6 - лонжерон передній (перший) правий, лівий; 7в, 8в - верхня частина боковини кузова права, ліва; 7н, 8н - нижня частина боковини кузова права, ліва; 9, 10 – накладка боковини кузова права/ ліва; 11, 12 - лонжерон передній (другий) правий, лівий; 13ср - середня частина щитка передка; 13п, 13л - крайня частина передка права, ліва; 14 – панель пердка; 15 - поперечка передка нижня; 16, 17 – крило заднє праве, ліве; 18н, 19н - нижня частина зовнішньої арки заднього колеса права, ліва; 20 – підлога багажника; 21 - підлога для запасного колеса; 22 – підлога для паливного бака; 23 - панель задня; 24п, 24л – підлога салону кузова права/ліва.

Так, середній термін служби кузова автомобіля «-2101», визначений як «середня календарна тривалість експлуатації автомобіля з моменту випуску заводом-виготовлювачем і до моменту надходження на авторемонтний завод», складає 43,9 міс Деталі кузова автомобілів , що піддаються в процесі експлуатації корозійному руйнуванню з підвищеною інтенсивністю представлені на рисунку 1.3.

					КРБАТ 26. 22101.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		15

1.3 Основні види дефектів крила та лакофарбових покритть

Необхідність ремонту кузова легкового автомобіля визначається насамперед розмірами аварійних руйнувань, ступенем корозійних ушкоджень та станом лакофарбових покритть. Види і ступінь експлуатаційних ушкоджень досліджувалися на автомобілях, що надійшли в ремонт на станції технічного обслуговування об'єднання Авто . У номенклатуру обстеження входили деталі, що мають значні габаритні розміри. Більш дрібні деталі, щоб не ускладнювати дослідження, не обстежилися. При обстеженні було виявлено:

- крила передні: місцева корозія і часткове спучування ЛФП у зонах 1, 2, 3 (рисунок 1.1) по з'єднанню крила з водостічним жолобком, ліві крила мали пошкодження в 15% автомобілів, праві — у 6%. Наліт корозії в зонах 4, 5, 6 мали 12% лівих крил і 6% правих. Крапкова корозія відзначена в 10% автомобілів на зовнішній поверхні крил, що пов'язані з радіальною крайкою в зонах 4 і 5. Суцільна корозія на поверхні зони 8 відзначена на 18% крил, як правих, так і лівих. Місцеву корозію у вигляді плям і відшарування ЛФП по радіальній крайці мали 60% автомобілів. Не мали слідів корозії на передніх крилах і придатні до подальшої експлуатації лише 12% автомобілів;

						КРБАТ 26. 22101.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата			16

Основні дефекти лакофарбового покриття крила

№ дефекту	Назва дефекту	Ознака дефекту	Метод контролю	Спосіб усунення
1	Зношування ЛФП	Викришування	Візуально	Фарбування
2	Втрата фізичних властивостей	Втрата блиску, кольору	Візуально	Фарбування
3	Спучування	Шорсткість поверхні	Візуально	Фарбування
4	„Апельсинова шкірка”	Нерівномірність ЛФП	Візуально	Полірування

1.4 Призначення антикорозійної обробки та фарбування крила

Фарбування та антикорозійний захист крил автомобіля на підприємствах-виробниках здійснюється переважно механізованими, а на окремих виробничих ділянках — автоматизованими методами. Загальна технологія включає комплекс операцій підготовки поверхні, нанесення лакофарбових матеріалів і подальшої антикорозійної обробки. Якість виконання цих процесів визначає не лише зовнішній вигляд виробу, але й його експлуатаційні характеристики, зокрема механічну міцність і корозійну стійкість покриттів.

Підготовка кузова до фарбування передбачає знежирення, фосфатування та нанесення ґрунтових шарів. Особливе значення мають операції очищення поверхні від забруднень і створення адгезійного шару. Видалення масляних плям, оксидних плівок, пилу та інших домішок здійснюється як вручну (із застосуванням органічних розчинників), так і в автоматизованих мийних установках із використанням лужних миючих розчинів при підвищених температурах.

										КРБАТ 26. 22101.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата							18

Після цього кузов промивається демінералізованою водою і подається на фосфатування.

Фосфатування полягає в обробці поверхні спеціальними розчинами, у результаті чого утворюється тонкий шар фосфатної плівки (2–3 мкм), що покращує адгезію наступних покриттів та підвищує корозійну стійкість. Після цього виріб проходить операції промивання та пасивації.

Нанесення первинного ґрунтового покриття виконується методом електрофорезу шляхом повного занурення деталі у ванну з ґрунтовим розчином. Під дією електричного поля частинки ґрунту осаджуються рівномірно як на зовнішніх, так і на внутрішніх поверхнях, включаючи важкодоступні порожнини. Для покращення покриття внутрішніх зон додатково застосовують електроди. Товщина шару становить орієнтовно 25–35 мкм на зовнішніх поверхнях і 17–25 мкм на внутрішніх. Полімеризація покриття здійснюється при температурі близько 180 °С.

Після сушіння можливі незначні дефекти поверхні (пори, підтіки, пилові вclusions), які усуваються шліфуванням із застосуванням водостійких абразивних матеріалів. Далі поверхню очищають, продувають стисненим повітрям і готують до нанесення вторинного ґрунту.

Другий ґрунтовий шар призначений для вирівнювання поверхні, усунення мікрodefektів і підвищення захисних властивостей. Його наносять як вручну (у важкодоступних місцях), так і автоматизовано — у електростатичному полі за допомогою розпилювачів. Товщина покриття становить близько 50–60 мкм. Після нанесення проводиться сушіння з поетапним підвищенням температури. Після охолодження виконується остаточне шліфування для забезпечення високої якості лицьової поверхні.

					КРБАТ 26. 22101.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		19

Фінішне фарбування здійснюється емалями по підготовленій ґрунтованій поверхні. Перед нанесенням емалі поверхню ретельно очищають від пилу та забруднень. Фарбування проводиться в герметичних камерах із контрольованими параметрами повітряного середовища. Після нанесення покриття деталь піддається термічній обробці (сушінню), в результаті чого формується комплексне лакофарбове покриття товщиною приблизно 80–110 мкм.

Для підвищення корозійної стійкості крил і нижніх частин кузова додатково застосовують спеціальні герметизуючі та антикорозійні матеріали. Зварні шви, стики та фланцеві з'єднання обробляються мастиками, які заповнюють щілини та забезпечують герметичність. Полімеризація таких матеріалів відбувається при підвищених температурах до утворення еластичного захисного шару.

Нижні частини кузова, зокрема арки коліс і днище, покривають бітумними або полімерними мастиками, що характеризуються високою стійкістю до абразивного зношування, вологи, дорожніх реагентів і механічних впливів. Такі покриття мають добру адгезію до ґрунтових шарів і забезпечують тривалий захист металу в різних кліматичних умовах.

Антикорозійний захист крил зазвичай здійснюється у два етапи: спочатку наноситься електрофорезний ґрунт, після чого застосовується додаткове покриття на основі інгібованих нафтових композицій. Ці матеріали мають високу проникну здатність, ефективно ізолюють метал від агресивних середовищ і формують еластичну плівку з високими захисними властивостями. Покриття витримує значні температурні коливання і зберігає цілісність навіть при низьких температурах.

Основні види антикорозійної обробки крил кузова автомобіля наведені у таблиці 1.3.

					КРБАТ 26. 22101.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		20

Таблиця 1.3 – Основні види антикорозійної обробки крил кузова автомобіля

№	Етап обробки	Матеріал / склад	Спосіб нанесення	Режими (t, час)	Товщина покриття, мкм	Призначення
1	Знежирення	Уайт-спірит, розчин КМ-1	Ручне, струминне	50–70 °С, 3–4 хв	–	Видалення забруднень, підготовка поверхні
2	Промивання	Демінералізована вода	Струминне	20–40 °С	–	Видалення залишків миючих засобів
3	Фосфатування	Розчин КФ-1	Занурення, струминне	50–55 °С, 3–4 хв	2–3	Підвищення адгезії та корозійної стійкості
4	Пасивація	Хромовий ангідрид	Струминне	20–30 °С	–	Формування захисної плівки
5	Первинне ґрунтування	ВКЧ-0207 (електрофорезний ґрунт)	Занурення (електрофорез)	~180 °С, 30 хв	25–35 (зовн.), 17–25 (внутр.)	Базовий антикорозійний захист
6	Шліфування	Абразивні шкурки	Механічне	–	–	Усунення дефектів поверхні
7	Вторинне ґрунтування	ЭП-0228	Пневморозпилення, електростатичне нанесення	100–150 °С, 30 хв	50–60	Вирівнювання поверхні, додатковий захист
8	Фарбування	Емаль МЛ-197	Автоматичне розпилення	100 °С, 30 хв	80–110 (загальна)	Декоративний вигляд і захист
9	Герметизація швів	Мастика Д-4А	Шприц-пістолет	130 °С, 30 хв	200–500	Герметизація стиків і швів
10	Захист днища та арок	Бітумна мастика БПМ-1, Д-11А	Розпилення	20–40 °С	500–1000	Захист від абразиву, вологи
11	Додатковий антикорозійний захист	НГМ-МЛ	Розпилення	20–25 °С	~30	Інгібуючий захист, проникнення в порожнини

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

КРБАТ 26. 22101.000.ПЗ

Арк.

21

1.5 Огляд існуючих промислових установок для струменевоабразивної обробки

Струменевоабразивні установки по способу подачі суспензії до струминного апарата і на оброблювану заготовку підрозділяються на установки з ежекцією суспензії в струминний апарат із наступним прискорення її газом чи водою; установки з нагнітанням суспензії газом, чи водою насосом і наступним витіканням її через сопло; установки з нагнітанням суспензії газом, чи водою насосом і наступним прискоренням її лопатами ротора, газом, чи водою імпульсним розрядом. У різних галузях промисловості застосовуються гідроабразивні установки з безліччю варіантів способів подачі суспензії до струминного апарата і прискорення її (рисунок 3.1). На рисунку 3.1(а) представлена схема установки з ежекцією суспензії в струминний апарат стисненим повітрям і наступним прискоренням її газом. У баці 2 пропелерною мішалкою 1, що обертається від електродвигуна 5, чи спеціальним барботером 4 абразив підтримується в рідині в зваженому стані. Суспензія по трубі 5 ежектується, струминним апаратом 9 і за допомогою стиснутого повітря, що надходить по трубі 6, направляється на оброблювану деталь 8.

						КРБАТ 26. 22101.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата			22

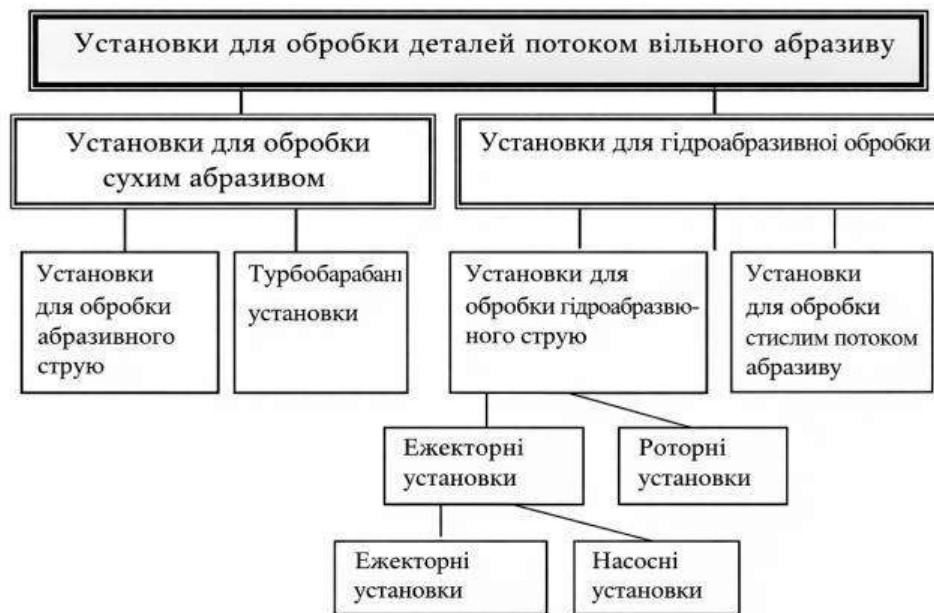


Рис. 1.5 - Класифікація струменевоабразивних установок

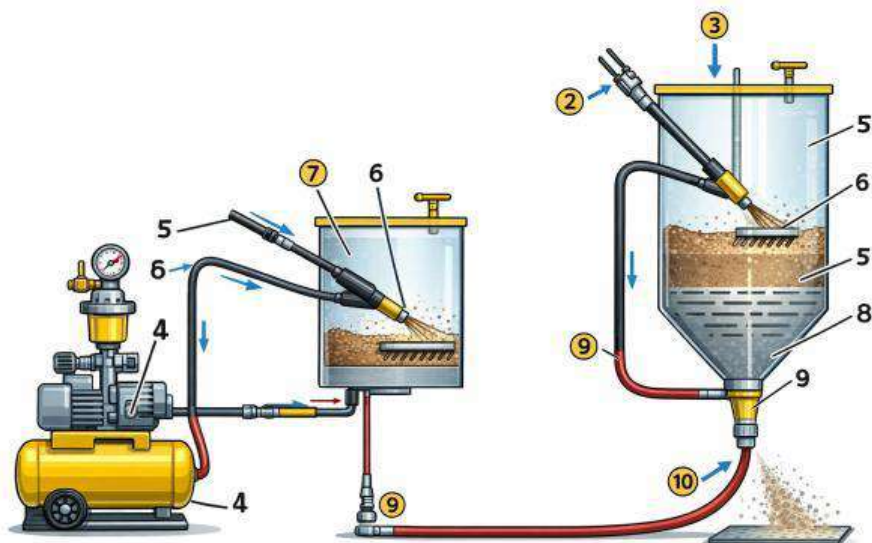


Рис.1.6 – Схеми установок:

а - схема установки з ежекцією суспензії стисненим повітрям;

б - схема установки без мішалки і насоса.

Після зіткнення суспензії з деталлю вона стікає в нижню частину камери 7 самопливом повертається в бак 2.3 метою

Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

виключення полонки мішалки попередньо включають подачу стиснутого повітря в барботер 4. Ця установка рекомендується до застосування там, де не потрібно інтенсивне знімання матеріалу. Більш широке поширення одержала установка, схема якої представлена на рисунку 1.6 (б), у якій відсутня мішалка. У баці 7 абразив підтримується в рідині в зваженому стані стисненим повітрям, подаваним по трубі 9 у барботер 8 із соплами 10. По трубі 1 суспензія надходить до струминного апарата 3, ежектується стисненим повітрям, подаваним по трубі 2, і направляється на оброблювану деталь 5. В установках з нагнітанням суспензії газом, чи водою за допомогою насоса і наступним витіканням її через сопло процес протікає при порівняно низькій продуктивності і незначному зніманні металу на 1 л подаваної суспензії.

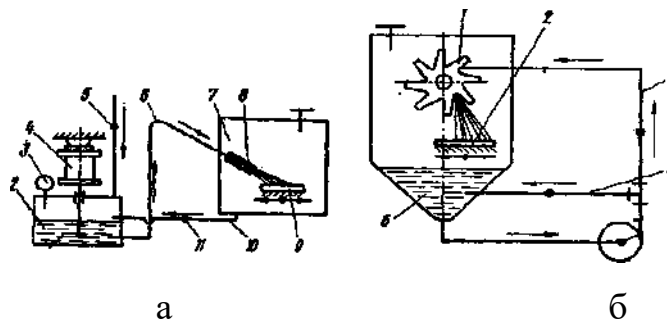


Рис. 1.7 – Схеми установок:

а - схема установки з подачею суспензії стисненим повітрям без ежекції струменя; б - схема установки з подачею суспензії насосом на лопаті ротора.

В установці, схема якої показана на рисунку 1.7(а), у герметично закритому баці 2 абразив підтримується в рідині в зваженому стані, пропелерною мішалкою 1, що обертається від електродвигуна 4. Крім того, у бак подається стиснене повітря з тиском до 0,2 МПа, що підтримується редуктором 5 і контролюється манометром 3. Під тиском суспензія по трубі 6 попадає в струминний апарат 8, що незначно ежектує її стиснутим (0,3 — 0,5 МПа) повітрям (водою), що надходить по трубі 7, і направляється на оброблювану поверхню деталі 10.

						КРБАТ 26. 22101.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата			24

Відпрацьована суспензія з робочої камери 9 по трубі 11 періодично надходить через кран у бак.

Установка, схема якої наведена на рисунку 1.8, а, працює за принципом подачі гідроабразивної суспензії під тиском із герметичного бака. У ємності 2 абразивний матеріал утримується у зваженому стані завдяки роботі пропелерної мішалки 1, що приводиться в дію електродвигуном 4. Додатково в бак подається стиснене повітря з тиском до 0,2 МПа; його параметри регулюються редуктором 5 і контролюються манометром 3. Підготовлена суспензія по трубопроводу 6 надходить до струминного апарата 8, де додатково прискорюється потоком стисненого повітря або води, що подається по лінії 7 під тиском 0,3–0,5 МПа. Після цього суміш спрямовується на поверхню деталі 10, що обробляється. Відпрацьована суспензія з робочої камери 9 по трубопроводу 11 періодично повертається назад у бак.

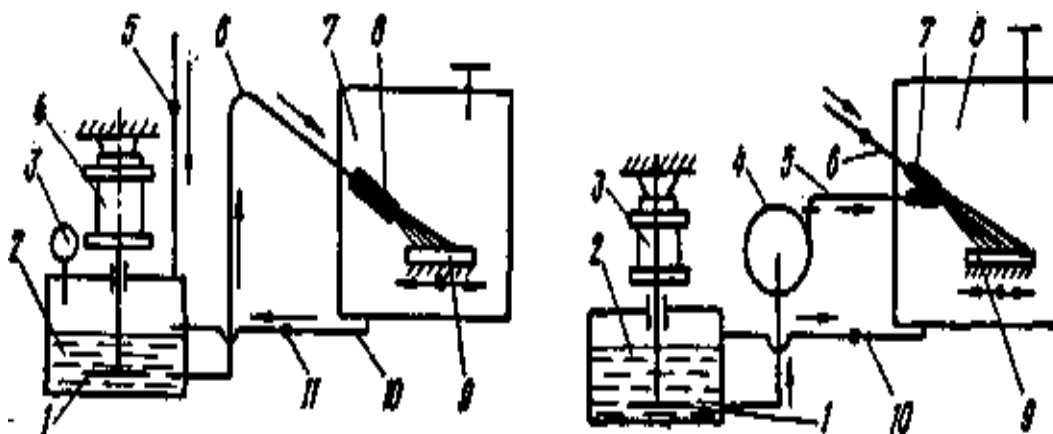


Рисунок 1.8 – Схеми установок:**

а – установка з подачею та прискоренням суспензії стисненим повітрям;

б – установка з насосною подачею суспензії та її прискоренням стисненим повітрям.

					КРБАТ 26. 22101.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		25

Практичне застосування показало високу ефективність установки, наведеної на рисунку 1.8, б. У цій схемі абразив також підтримується у зваженому стані в баку 2 за допомогою пропелерної мішалки 1, яка приводиться в рух електродвигуном 3. Далі суспензія засмоктується насосом 4 і по трубопроводу 5 подається до струминного апарата 7. Потік стисненого повітря, що надходить через трубопровід 6, забезпечує викид суспензії на поверхню деталі 9. Після завершення обробки використана суспензія стікає з камери 8 і по трубопроводу 10 знову надходить до бака. У ряді конструкцій замість механічної мішалки використовують барботер, який забезпечує перемішування повітрям.

Окремий інтерес становить установка, у якій після виходу зі струминного апарата суспензія додатково прискорюється між обертовими дисками. У такій схемі суспензія готується в баку 1 за допомогою барботерів 2, після чого насосом 3 подається по трубопроводу 4 до струминного апарата 5. Тут вона прискорюється стисненим повітрям, що надходить від колектора 6. Далі струмінь потрапляє в проміжок між обертовими дисками 7, де отримує додаткове прискорення та з великою швидкістю спрямовується на заготовку 8. Після обробки суспензія з камери 9 по трубопроводу 10 повертається в бак. Перевагою цієї схеми є істотне зменшення витрати стисненого повітря.

Під час проєктування обладнання для струминної обробки необхідно обґрунтовано вибрати спосіб подачі гідроабразивної суспензії, конструкцію струминного апарата, метод перемішування твердих частинок у рідині, спосіб вилучення подрібнених і затуплених зерен, а також метод очищення поверхні від частинок абразиву, що закріпилися в поверхневому шарі. Крім того, слід визначити спосіб завантаження й вивантаження деталей та встановити, що саме повинно переміщатися в процесі роботи — деталь чи струминний пристрій.

					КРБАТ 26. 22101.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		26

Експериментальні дослідження показали, що насосна подача суспензії до струминного апарата має суттєві переваги порівняно з ежекційною. Вона забезпечує вищу продуктивність обробки та меншу витрату стисненого повітря. Окрім цього, у випадку великогабаритних струминних апаратів достатній об'єм суспензії практично неможливо подати без використання спеціального насоса. Ежекційна схема є доцільною переважно для компактних установок із соплами круглого перерізу.

За насосної подачі доцільно застосовувати струминні апарати зі щільними насадками, форму яких можна адаптувати до конфігурації поверхні деталі. Це дає змогу забезпечити рівномірну швидкість потоку суспензії по всьому перерізу насадки. Залежно від габаритів виробу та конструкції обладнання в процесі обробки може переміщатися або сама заготовка, або струминний апарат.

Якість гідроабразивної обробки значною мірою визначається однорідністю суспензії. Найкращі результати забезпечує струминне барботування, яке ефективно підтримує абразивні частинки у зваженому стані. Для реалізації цього способу доцільно зменшувати площу днища робочої ванни. З метою зниження інтенсивності зношування стінок і днища під дією барботуючих струменів ці елементи рекомендується футерувати спеціальною зносостійкою гумою.

Струминний барботер також дозволяє ефективно видаляти дрібні частинки абразиву, що утворилися внаслідок дроблення. Оскільки такі частинки концентруються переважно у верхніх шарах рідини, їх доцільно відкачувати насосом в окрему ємність. Повне видалення рідкої фази займає орієнтовно 5–7 хв, що є ще однією перевагою насосної подачі суспензії.

Промивання деталей після завершення обробки здійснюють за допомогою струминного апарата після припинення барботування. У цей момент абразив осідає на дно ванни, а на оброблену поверхню під підвищеним тиском подаються вода та повітря. Практика експлуатації

						КРБАТ 26. 22101.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата			27

гідроабразивних установок підтвердила ефективність такого способу очищення деталей після обробки.

Режими гідроабразивної обробки підбирають відповідно до прийнятих методик із урахуванням необхідної продуктивності та вимог до якості поверхні.

На рисунку 1.9 наведена модернізована установка для гідроабразивної обробки, у конструкції якої враховано основні вимоги до таких систем. Її основні технічні характеристики такі: найбільша маса виробу — 800 кг; зовнішній діаметр оброблюваної деталі — 300–1500 мм; внутрішній діаметр — 100–500 мм; висота — 20–200 мм; продуктивність — 1–6 шт./год; потужність електродвигуна — 15 кВт; тиск повітря в струминних апаратах — 0,2–1,0 МПа; витрата повітря — 5–20 м³/хв; маса завантаженого абразиву — 300 кг; продуктивність насосної установки — 50–80 м³/год; зернистість абразиву — 40–120 мкм; габаритні розміри установки: 3255 × 2500 × 2650 мм; маса — 3305 кг.

У цій установці суспензія подається до струминного апарата насосом, а керування реалізоване за електропневматичною схемою. Для її обслуговування достатньо одного оператора. Основними вузлами є камера 2 з ребристим днищем, у якій розміщується деталь 9, та струминний пристрій 7. Нижня частина камери виконує функцію резервуара для суспензії. Тут розміщені пневматичні барботери 1, призначені для перемішування абразиву в рідині. Для налаштування положення струминного пристрою передбачені спеціальні механізми 4 і 6.

Обертанням маховика 5 забезпечується переміщення струминного апарата у вертикальній площині. Залежно від положення маховика 3 пристрій може переміщатися у горизонтальному напрямку або повертатися навколо

						КРБАТ 26. 22101.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата			28

горизонтальної осі на кут до 90°. Для встановлення та завантаження деталі передбачений стіл 10, який за допомогою підйомного механізму 12 переводиться з горизонтального положення у вертикальне. Це спрощує процес завантаження і вивантаження виробів. Під час обробки деталь обертається від приводного ролика 11, який фрикційно взаємодіє з нею у вертикальному положенні стола. Відпрацьоване повітря через затвор 8 надходить до повітроочисника, а суспензія подається у струминний пристрій спеціальним пісковим насосом.

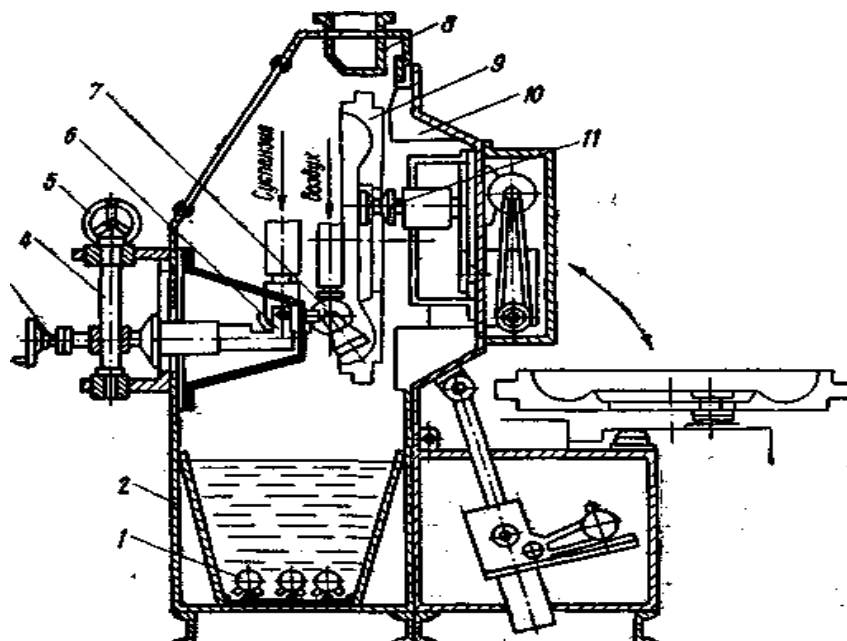


Рисунок 1.9 – Модернізована гідроабразивна установка з примусовою подачею суспензії**

На такій установці можна обробляти як суцільні деталі типу дисків або тороїдів, так і вироби складної форми, які попередньо встановлюють у спеціальні круглі касети. Крім основної обробки, обладнання забезпечує промивання й обдування деталей. Установка може працювати в напівавтоматичному режимі за заданою програмою. Дослідний зразок пройшов випробування та був рекомендований до серійного виробництва. Використання подібних установок дозволяє у 5–6 разів підвищити продуктивність праці під час фінішної обробки прес-форм порівняно з

						КРБАТ 26. 22101.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата			29

ручними способами, покращити якість поверхні (до шорсткості $Ra = 0,63$ мкм), поліпшити умови праці, усунути запиленість робочої зони та знизити рівень шуму й вібрації. Крім того, поверхні після гідроабразивної обробки характеризуються підвищеними експлуатаційними властивостями.

Для підготовки поверхні листового металу перед нанесенням покриттів був розроблений дослідно-промисловий агрегат, схема якого показана на рисунку 1.10. Пакет листів, призначених для очищення, укладають на завантажувальний пристрій, звідки вони по одному подаються на транспортний рольганг. У міру зменшення висоти пакета стіл завантажувача переміщується вгору, підтримуючи верхній лист на рівні подачі. Швидкість транспортування регулюється в межах 0,1–0,3 м/с.

Очищення листів відбувається в робочій камері агрегату, де на верхню і нижню поверхні подаються гідроабразивні струмені, прискорені стисненим повітрям у струминних апаратах. Суспензія готується в картері камери та насосами подається до струминних апаратів під постійним тиском 0,2–0,25 МПа. Після зони очищення листи надходять до промивальної камери, де їх поверхню очищають струменями води. Система промивання є замкненою. Далі листи по рольгангу переміщуються до приймального пристрою, де формуються в новий пакет.

Конструкція основних вузлів агрегату дає змогу в процесі роботи регулювати головні технологічні параметри, що визначають інтенсивність взаємодії абразивних частинок із поверхнею листа: тривалість обробки, кут атаки струменя, тиск стисненого повітря, концентрацію абразиву та його зернистість. Завдяки цьому можна змінювати продуктивність процесу й формувати необхідний мікрорельєф поверхні. Окреме регулювання режимів

					КРБАТ 26. 22101.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		30

обробки верхньої та нижньої поверхонь також дозволяє надалі отримувати різну товщину покриття на листі.

Дослідження показали, що якість покриття на листах після гідроабразивного очищення є вищою, ніж після традиційного кислотного травлення. Для холоднокатаних листів зі сталі СтЗкп товщиною 0,8–1,0 мм встановлено, що різниця у товщині та масі покриття становить 15–20 %. Це пояснюється більш однорідним і рівномірним мікрорельєфом поверхні після гідроабразивної підготовки, що дозволяє зменшити витрату кольорових металів при нанесенні покриття.

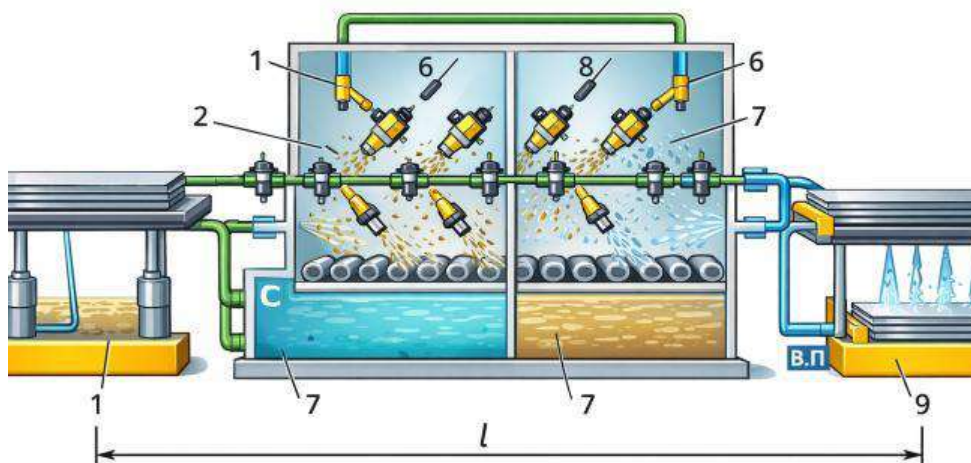


Рисунок 1.10 – Схема розташування устаткування агрегату гідроабразивного очищення листа:

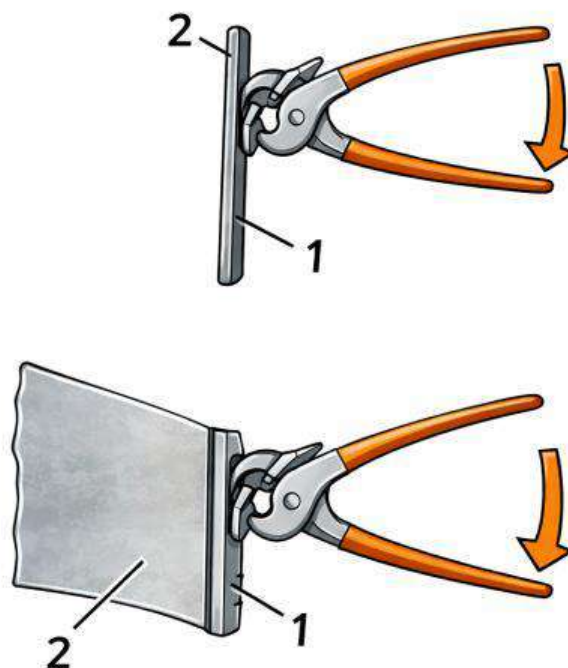
1 – завантажувач листів; 2 – рольганг; 3 – камера очищення; 4 – струминні апарати очищення; 5 – суспензія; 6 – камера промивання; 7 – промивна вода; 8 – струминні апарати промивання; 9 – приймач листів.

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС РЕМОНТУ ДЕТАЛЕЙ КУЗОВА АВТОМОБІЛЯ

2.1 Технологічний процес демонтажу і монтажу крил автомобіля

Наскрізна корозія приварених крил кузова автомобіля призводить до необхідності їх ремонту. На рисунку вказані місця ремонту крил кузова автомобілів за допомогою установки вставок.

Ремонт передньої частини переднього крила автомобілів проводять, заздалегідь знявши з кузова деталі і вузли, які заважають рихтувальним, зварювальним і фарбувальним роботам. Демонтаж деталей з кузова автомобіля повинен забезпечити доступ для повного фарбування крила і панелі передка.



Видалення смуги точкової зварки ручним інструментом:

1 - Смуга металу;

2 - Деталь кузова.

Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

КРБАТ 26. 22101.000.ПЗ

Арк.

32

формують спеціальними кліщами кромку панелі крила, що залишилася (ділянки кромки, невіддатливі формуванню кліщами, формують уручну, застосовуючи необхідний рихтувальний інструмент); виконують при необхідності в місцях перегинів надрізи завглибшки 10 мм; розмічають лінійкою і відрізають ножицями з урахуванням 10 мм.

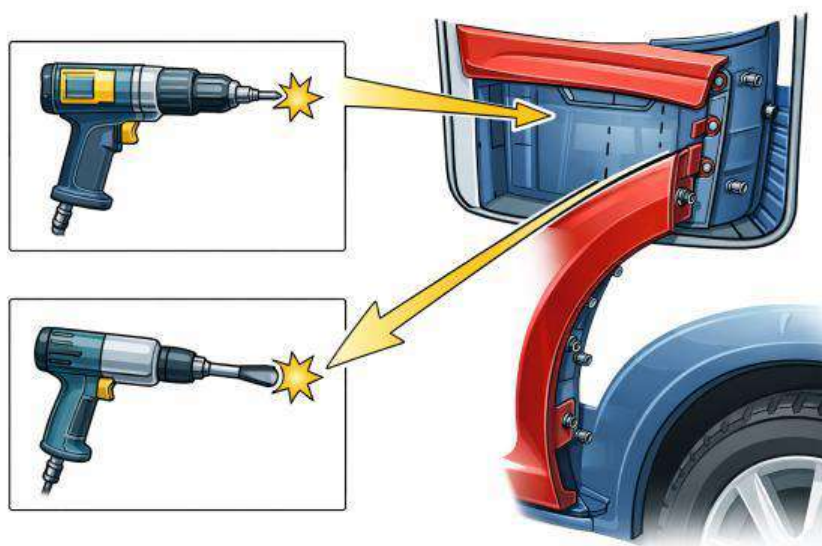


Рис. 2.2- Місця від'єднання передньої частини переднього крила автомобіля.

Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

КРБАТ 26. 22101.000.ПЗ

Арк.

34

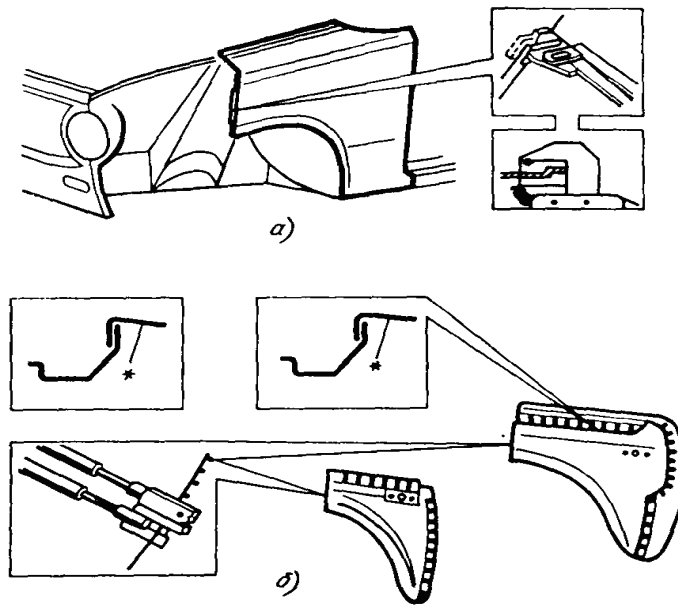


Рис. 2.3- Підготовка ділянок що залишилися частин крила і висвердлювання отворів на ремонтній вставці

припуску на зварний шов необхідну частину крила від ремонтної вставки;

зачищають шліфувальною машинкою або металевою щіткою з двох сторін приварюванні кромки нової частини крила;

проколюють диросколом або свердлять дрилем отвори діаметром 5 мм з кроком 20...30 мм в приварюваних кромках нової частини крила (рис.2.4, б).

Нову частину крила встановлюють в наступному порядку:

ставлять нову частину крила на місце від'єднаної і закріплюють кліщами з деталями, що сполучаються (рис.2.4, а);

тимчасово навішують капот і перевіряють штангенциркулем установку крила на дотримання необхідних зазорів і, при необхідності, виконують підганяльні роботи;

прихоплюють крапками нову частину крила з деталями, що сполучаються, користуючись пальником з наконечником № 1 або 2, припоєм Л63 або Л68, або ЛНКМц діаметром 2...3 мм і технічною бурою;

Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

КРБАТ 26. 22101.000.ПЗ

Арк.

35

знімають тимчасово капот;

приварюють крапками по проколених або просвердлених отворах нову частину крила до деталей, що сполучаються, використовуючи напівавтомат для зварки в середовищі вуглекислого газу, проволікатиму Св-08ГС-О або Св-08Г2С-О діаметром 0,8 мм, вибираючи режим зварки відповідно до інструкції з експлуатації зварювального напівавтомата.

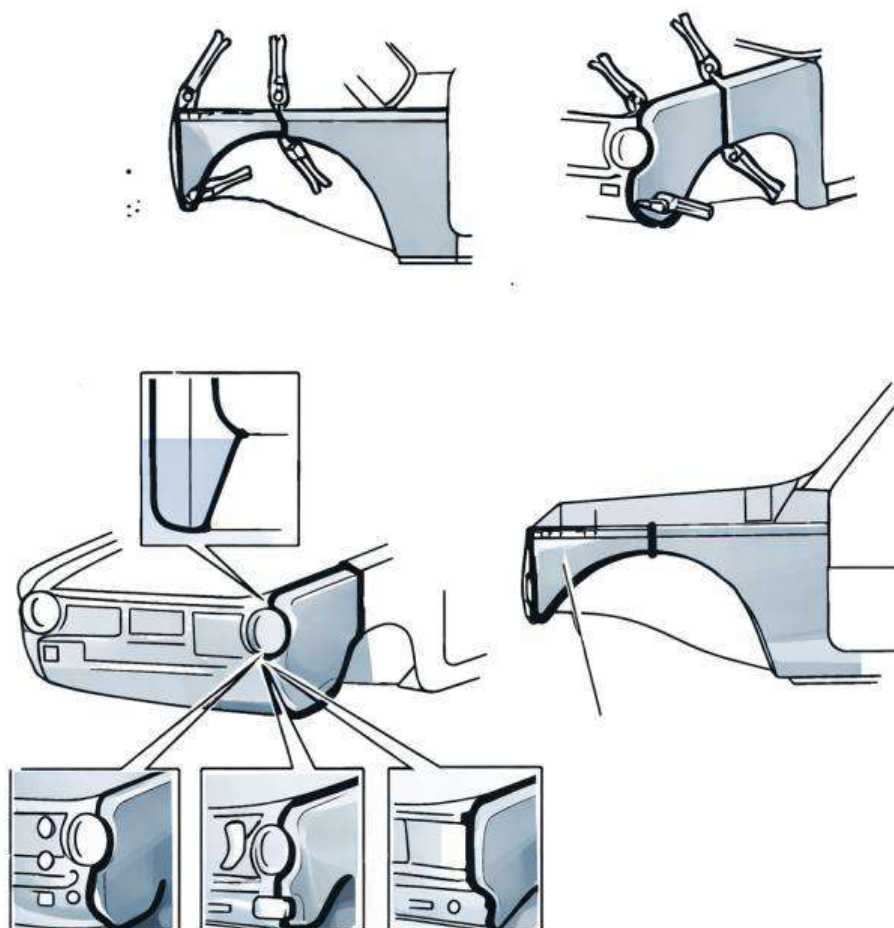


Рис. 2.4 - Закріплення ремонтної вставки по місцю і місця (вказані крапками) її прихватки

Після зачистки зварних швів в сполученні частин крила шліфувальною машинкою урівень з основним металом кузов готують до забарвлення і антикорозійної обробки. Встановлюють раніше зняті для зручності виконання ремонтних робіт з кузова деталі і вузли.

						КРБАТ 26. 22101.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата			36

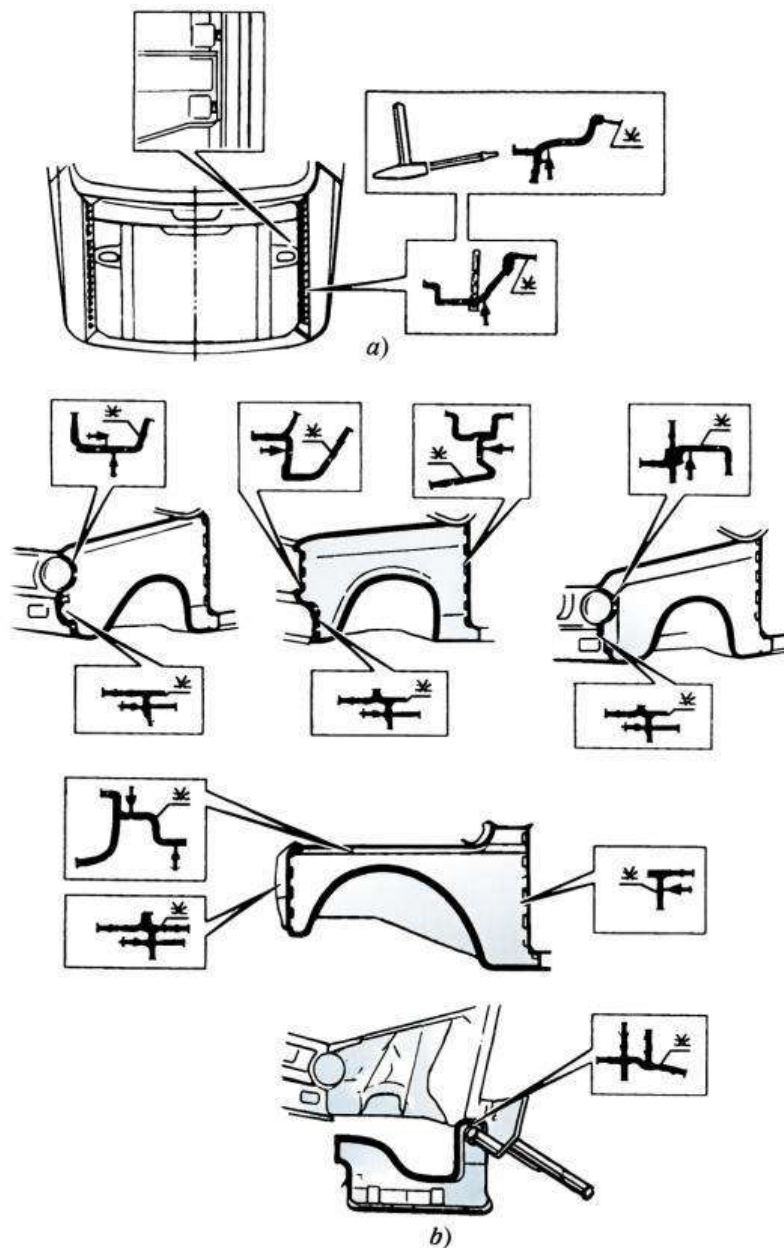


Рис. 2.5 - Від'єднання крила різних моделей автомобіля

Заміну передніх приварених крил застосовують тільки у разі їх сильного корозійного руйнування або не ремонтпридатності способами правки і рихтування. Перед початком робіт по заміні крил з автомобіля знімають деталі і вузли, перешкоджаючі рихтувальним, зварювальним і забарвленням роботам, такі, як акумуляторна батарея, паливний бак, передній буфер і колесо, фара, підфарник, показчик поворотів і інші.

Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

КРБАТ 26. 22101.000.ПЗ

Арк.

37

Для видалення замінюваного крила автомобілів виконують наступне:

висвердлюють точки зварки в з'єднанні крила з бризковиком і підсилювача бічної панелі з бризковиком і щитком передка (рис. 2.5, а), використовуючи дріль, твердосплавне свердло або цільний зенкер;

зрубують крило по його периметру (по штрихованих лініях) встановлюючи зубило в місцях, позначених стрілками (рис.2.5, б), застосовуючи пневмомолоток з комплектом зубил або зубило і молоток;

від'єднують крило за допомогою молотка, зубила і рихтувального важеля (див. рис.2.5, б). При установці крила виконують такі дії:

видаляють частини металу зрубаного крила, що залишилися, по лініям від'єднання, застосовуючи кусачки торців або кліщі;

рихтують деформовані кромки деталей, що сполучаються з замінюваним крилом, застосовуючи необхідний рихтувальний інструмент у вигляді молотка і різної підтримки;

зачищають до металу кородовані ділянки панелей і приварювані кромки деталей, що сполучаються, від залишків точок контактної зварки (рис.2.6) за допомогою шліфувальної машинки;

проколюють або свердлять отвори діаметром 5 мм в приварюваних кромках крила з кроком 40...50 мм в новому підсилювачі бічної панелі з кроком 30...40 мм за допомогою дирикола або дрилі;

						КРБАТ 26. 22101.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата			38

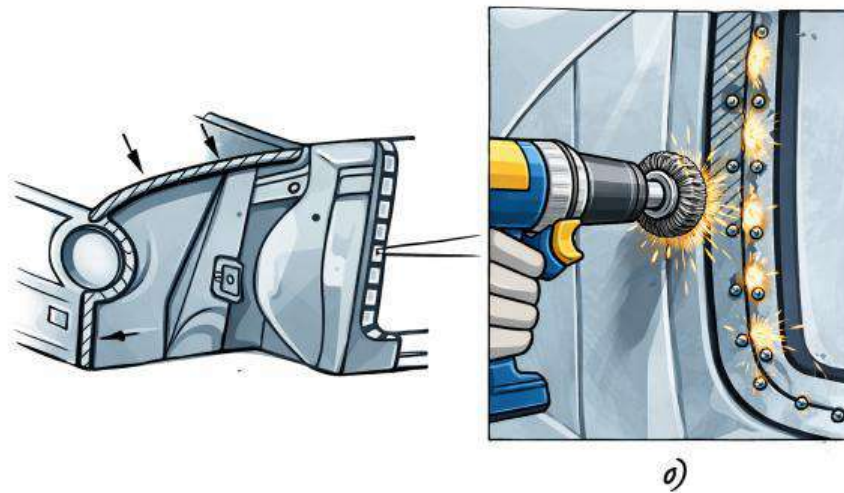


Рис. 2.6 - Зачистка точок контактеного зварювання

перевіряють протикорозійний захист зварних з'єднань, що закриваються крилом і виробляють необхідну герметизацію зварних швів мастикою;

встановлюють крило на місце від'єданого і закріплюють (рис.2.7, б) з деталями, що сполучаються, кліщами;

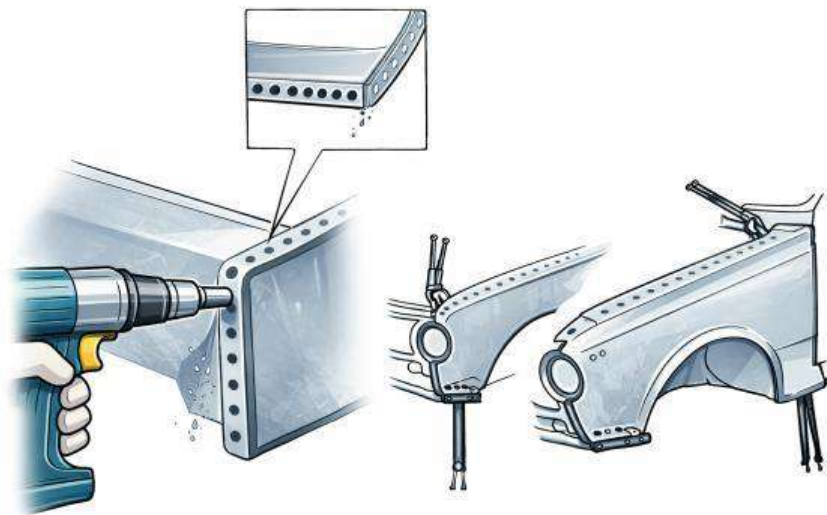


Рис. 2.7 - Перфорація кромки крила і тимчасова фіксація крила на кузові

Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

КРБАТ 26. 22101.000.ПЗ

Арк.

39

тимчасово навішують передні двері і капот, а потім підганяють крило згідно "Карті контролю зовнішніх зазорів кузова", використовуючи необхідний контрольний, рихтувальний і слюсарний інструмент;

прихоплюють крило в крапках до деталей, що сполучаються, в місцях, вказаних на рис.2.8, пальником з наконечником № 1 или2, використовуючи припій Л63 або Л68, або ЛНКМц діаметром 2...3 мм і технічну буру;

знімають тимчасово встановлені капот і передні двері;

приварюють крило до деталей, що сполучаються, крапками по раніше виконаних отворах дуговою зваркою в середовищі вуглекислого газу дротом Св-08ГС-О або Св-08Г2С-О діаметром 0,8 мм, вибираючи режим відповідно до рекомендацій по експлуатації зварювального напівавтомата;

					КРБАТ 26. 22101.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		40

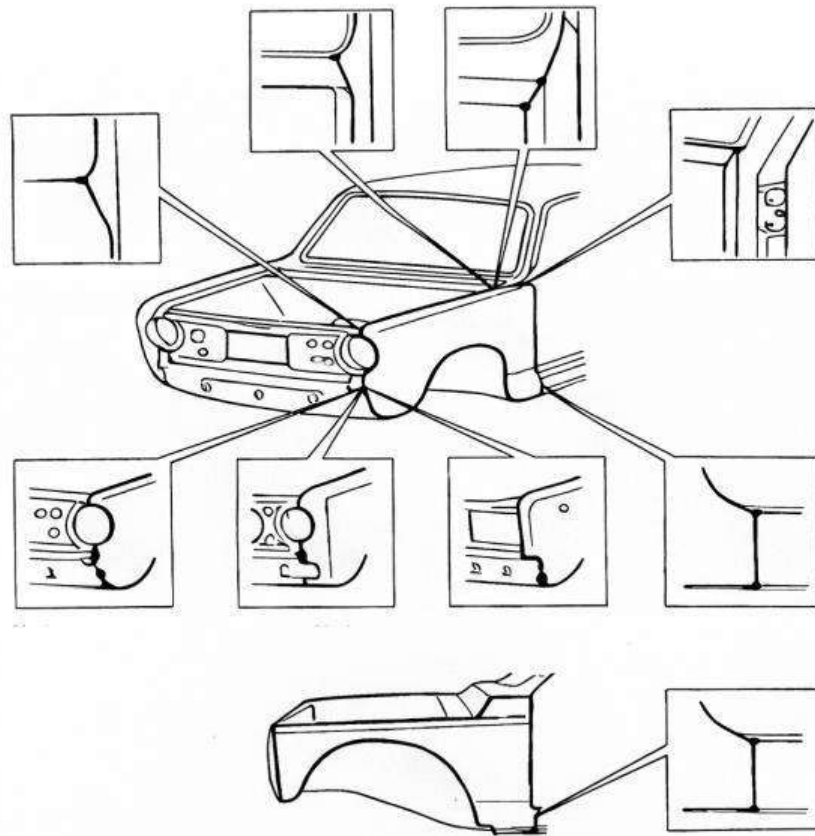


Рис. 2.8 - Місця прихватки (вказані крапками) переднього крила кузова автомобіля

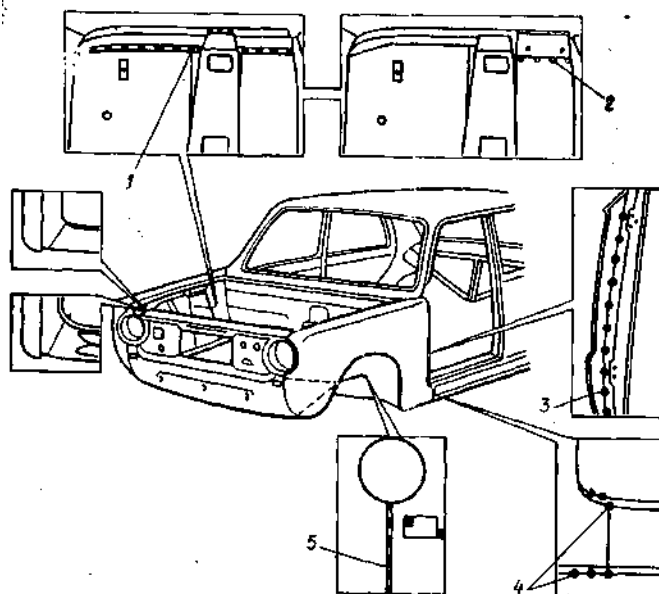


Рис. 2.9 - Місця зварювання переднього крила переривчастим швом за відсутності отворів

Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

КРБАТ 26. 22101.000.ПЗ

Арк.

41

за відсутності отворів на кромках крила і фланцях кузова крило проварюють переривистим швом (рис.2.9) завдовжки 10 мм з кроком 30...40 мм у вузлах /, 2, 4, 5 і завдовжки шва 20 мм з інтервалом 30 мм, з подальшим оплавленням газовою зваркою кромки крила і панелі передка у вузлі 3.

Після заміни крила встановлюють і підганяють по отворах капот і передні двері, готують відремонтований кузов до забарвлення і антикорозійної обробки, виконують установку деталей і вузлів, раніше знятих з кузова для зручності виробництва ремонтних робіт.

2.1.1 Технологічний процес зварювання

Для забезпечення якості зварного шва необхідно точно вибрати режим зварювання при ремонті. Це залежить від товщини зварюваних деталей і визначається діаметром електродного дроту, силою зварювального струму і напругою дуги, швидкістю подачі дроту і швидкістю зварювання, вильотом електродного дроту і витратою вуглекислого газу. Всі ці параметри об'єднує графік, зображений на мал.9 і табл. 6 для дроту Св-08ГС ді-5 тром 0,8 мм.

					КРБАТ 26. 22101.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		42

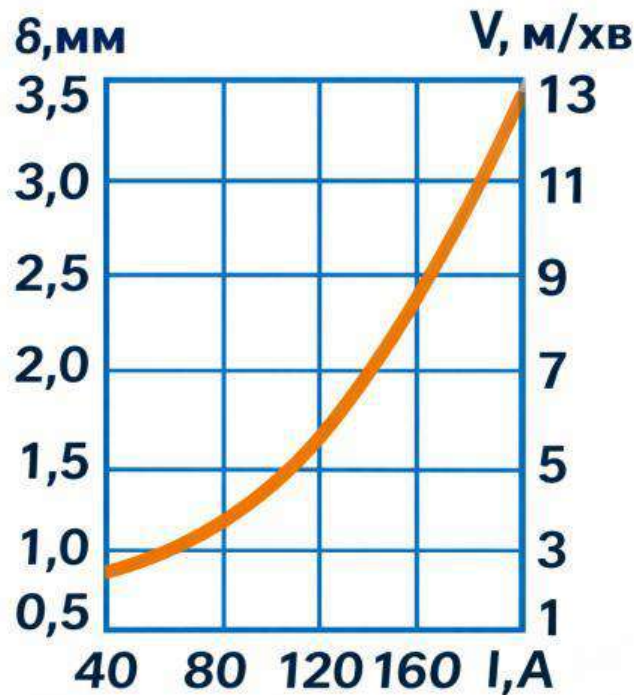


Рис. 2.10 - Залежність сили струму і швидкості подачі електродного дроту від товщини зварюємих деталей

Таблиця 2.1

Режими зварювання листових деталей в середовищі вуглекислого газу електродним дротом Св-08 ГС

Товщина металу, мм	Режим зварювання				
	Сила струму, А	Напруга дуги, В	Шв. подачі ел. дроту, м/хв	Виліт ел.дроту, мм	Витрати CO ₂ , л/хв.
0.7...0.9	40...80	17...18	1.0...1.5	8...10	6...7
0.9...1.1	70...100	18...10	1.5...3.0	8...10	6...8
1.1...1.5	90...110	10...11	3.5...50	8...10	6...9

В практиці автомобілебудування для облицювання кузовів застосовується лист завтовшки 0,6-1,2 мм.

Зварювальник, що працює правою рукою, розташовує палик з нахилом уздовж осі зварного шва під кутом 25-45° так, щоб Полум'я було направлене вліво. Кінець полум'я утримують на відстані близько 1

мм від поверхні розплавленого металу. Переміщаючи пальник справа наліво, наконечник наклоняють з боку виконаного шва, а струменем полум'я прогривають лінію зварки (рис 2.11). Ліва рука тримає пальник в лівій руці, переміщає її зліва направо і також нахиляє у бік виконаного зварного шва.

При зварюванні тонколистового металу кузова, незалежно від напрямку переміщення пальника, її завжди нахиляють у бік виконаного шва. Якщо зварку здійснюють з присадним матеріалом, то його утримують симетрично соплу, а кінець присадного металу занурюють короткими швидкими зигзагоподібними рухами в розплавлений метал шва.

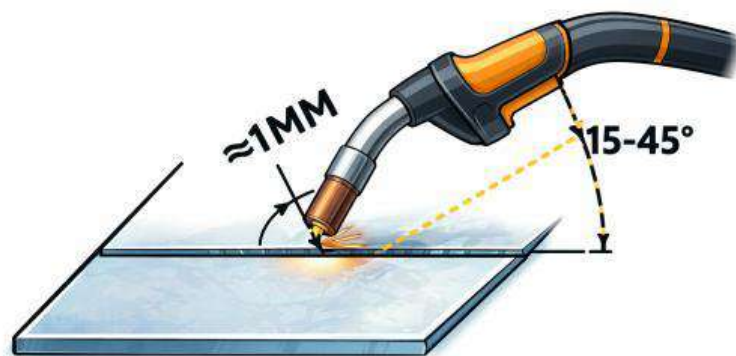


Рис. 2.11 - Положення сопла пальника відносно зварного шва

Для зварювання листового металу товщиною 0,6–0,8 мм доцільно застосовувати електродний дріт діаметром 0,6 мм. Якщо товщина зварюваних листів становить 0,8–1,0 мм, рекомендовано використовувати дріт діаметром 0,8 мм. Для металу товщиною понад 1,2 мм доцільним є застосування дроту діаметром 1,0–1,2 мм.

						КРБАТ 26. 22101.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата			44

Напругу зварювання підбирають так, щоб забезпечити стабільне горіння дуги за її мінімальної довжини, яка зазвичай перебуває в межах 1,5–4,0 мм. За надмірного збільшення довжини дуги процес стає нестійким, що може призводити до її переривання. Практично рекомендований діапазон напруги становить 17–23 В. Силу зварювального струму та швидкість подачі електродного дроту визначають за відповідними графічними і табличними залежностями залежно від товщини деталей. У виробничих умовах швидкість подачі дроту встановлюють так, щоб формування шва відбувалося стійко, а розбризкування металу було мінімальним.

Під час виконання швів у вертикальному, горизонтальному та стельовому положеннях параметри режиму, зокрема напругу і силу струму, зменшують на 10–20 % порівняно з режимами для нижнього положення зварювання. Відстань від торця мундштука пальника до зони зварювання зазвичай становить 7–12 мм. З'єднання кузовних деталей у стик при товщині металу до 2 мм, а також кутові з'єднання з катетом до 5 мм часто виконують вертикальним швом.

На початку зварювання дріт орієнтують практично перпендикулярно до кромки виробу, а після утворення зварювальної ванни нахилиють під кутом 15–40°. У такому разі розплавлений метал утримується тиском зварювальної дуги. Під час виконання стельових і похилих швів витрату захисного газу доцільно збільшувати.

При з'єднанні тонколистових деталей зварювання виконують, як правило, «кутом вперед» із переміщенням пальника справа наліво. За такого способу формується ширша, але менш глибока ванна. Для товстіших листів застосовують зварювання «кутом назад» із переміщенням пальника зліва направо; при цьому ванна виходить вужчою та глибшою. Найменша витрата дроту й захисного газу спостерігається при точковому зварюванні.

					КРБАТ 26. 22101.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		45

Під час ремонту кузовів рекомендується використовувати зварювальний дріт марок Св-08ГС-О або Св-08Г2С-О. Це оміднений низьковуглецевий дріт, легований марганцем і кремнієм, який забезпечує задовільні технологічні властивості та якісне формування шва. Для кузовних робіт найбільш поширеним є дріт діаметром 0,8 мм. Якість зварного з'єднання значною мірою залежить від чистоти поверхонь, тому метал і зварювальний дріт перед початком робіт повинні бути ретельно очищені.

Як захисне середовище при кузовному зварюванні широко використовують вуглекислий газ. Його постачають у зрідженому стані в стандартних балонах місткістю 40 л. Такий газ забезпечує необхідний рівень захисту зварювальної ванни від впливу повітря та окиснення металу.

2.2 Розробка технологічного процесу підготовки поверхні крила автомобіля під фарбування

Якість лакофарбового покриття значною мірою визначається станом підготовленої поверхні. Основною метою підготовки є видалення продуктів корозії, окалини, жирових забруднень, пилу, залишків старої фарби та інших сторонніх включень, що можуть погіршити адгезію покриття до металу.

Першим етапом є знежирення поверхні. На авторемонтних підприємствах його часто виконують вручну за допомогою дрантя, змоченого уайт-спіритом або іншими аліфатичними розчинниками. Поряд із цим широко використовують лужні водні розчини синтетичних мийних засобів, зокрема композиції КМ-1, «Лобамід-101», МЛ-52, МС-15, МС-17 та інші. Такі препарати, як правило, застосовують у вигляді 5–10 %-вих водних розчинів. Їх основою є кальцинована сода, тринатрійфосфат та поверхнево-активні речовини. Середня витрата мийних композицій становить 2–6 г на 1 м² поверхні.

						КРБАТ 26. 22101.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата			46

Для підвищення адгезії лакофарбових матеріалів до металу, а також для збільшення корозійної стійкості покриттів, застосовують фосфатування. На автомобілебудівних підприємствах для обробки крил і кузовних деталей використовують фосфатуючий концентрат КФ-1 на основі цинкофосфату. Його витрата зазвичай становить 25–30 г/м². Знежирення композицією КМ-1 і фосфатування концентратом КФ-1 у серійному виробництві здійснюють у спеціальних струминних агрегатах. Типова установка має сім зон обробки: знежирення, дві промивки водою, фосфатування, промивання, пасивацію і завершальне промивання конденсатом. Такі агрегати найбільш доцільні для підприємств із великим обсягом робіт.

Під час фарбування окремі ділянки поверхні необхідно захищати від попадання лакофарбових матеріалів. Для цього використовують спеціальні ізолювальні матеріали і склади, які повинні легко наноситися, без труднощів видалятися після сушіння, не взаємодіяти з металом і не погіршувати властивостей покриття. Вони не повинні розтікатися або проникати в шар фарби під час гарячої сушки. Як ізолювальні засоби застосовують шаблони, клейкі стрічки, знімні плівкові покриття, декстринові мастики та інші матеріали. Для герметизації отворів використовують склади на основі гіпсу, клею і води. Вибір конкретного матеріалу залежить від форми ділянки, що підлягає захисту, режиму сушіння та умов виробництва.

Наступною операцією є ґрунтування. Нанесення першого шару лакофарбової системи безпосередньо на метал називають нанесенням ґрунтовки. Її основне призначення полягає в забезпеченні захисту металу від корозії та створенні міцного зчеплення між основою і наступними шарами покриття. Ґрунтовку наносять тонким рівномірним шаром без пропусків і патьоків, попередньо ретельно перемішавши та відфільтрувавши її через металеву сітку або марлю. У разі підвищеної в'язкості матеріал розбавляють рекомендованим розчинником. Товщина шару ґрунтовки зазвичай становить

						КРБАТ 26. 22101.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата			47

15–20 мкм, а сушіння здійснюють відповідно до технічних умов на конкретний матеріал.



Для усунення незначних нерівностей, рисок, подряпин та інших дефектів поверхні застосовують шпаклювання. Шпаклівки є густими композиціями на основі пігментів, наповнювачів і зв'язуючих компонентів. Залежно від хімічної основи вони можуть бути нітроцелюлозними, алкідностирольними, епоксидними, поліефірними тощо. Слід враховувати, що шпаклівка не підвищує захисних властивостей покриття, а надмірно товстий її шар схильний до розтріскування. Тому значні пошкодження кузовних деталей необхідно усувати рихтуванням, паянням або напиленням полімерних матеріалів.

					КРБАТ 26. 22101.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		48

Шпаклівку наносять на добре висушений і злегка зашліфований шар ґрунтовки або емалі металевими чи гумовими шпателями. Після висихання вона повинна мати достатню твердість, не містити міхурів, тріщин і відшарувань. Обробку крила виконують у два етапи: спочатку шпаклюють локальні заглиблення та раковини, а потім за необхідності здійснюють суцільне шпаклювання поверхні.

Після висихання шпаклівки виконують шліфування, оскільки на поверхні залишаються нерівності, задирки та сліди від шпателя. Шліфування необхідне як для вирівнювання поверхні, так і для забезпечення надійного міжшарового зчеплення. Якщо фарбування здійснюється по старому покриттю, шліфуванню підлягає вся поверхня, що перефарбовується. Розрізняють сухе і мокре шліфування. Для мокрого способу застосовують лише водостійкі шліфувальні шкурки. Мокре шліфування дозволяє зменшити пиловиділення та збільшити строк служби абразивного матеріалу.

Шліфування виконують плавними рухами, без надмірного натиску, періодично змінюючи шліфувальний матеріал. Для отримання рівнішої поверхні шкурку часто закріплюють на гумовому або повстяному бруску. Закруглені деталі малого радіуса допускається шліфувати без бруска. Якість шліфування визначають візуально та за допомогою контрольного бруска: на добре обробленій поверхні не повинно залишатися глянцевих непройдених ділянок.

Після завершення шліфування поверхню промивають чистою водою, висушують і ретельно оглядають при боковому освітленні. Виявлені дефекти позначають і, за необхідності, повторно шпаклюють та шліфують. При сухому шліфуванні пил регулярно видаляють стисненим повітрям, пирососом або м'якою щіткою.

					КРБАТ 26. 22101.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		49

У сучасній практиці крила автомобілів переважно фарбують меламіноалкідними емалями гарячої сушки, тоді як нітроцелюлозні емалі природного сушіння застосовують значно рідше. Емалі наносять на ретельно підготовлену поверхню кількома тонкими суцільними шарами методом розпилення або в електростатичному полі. Кількість шарів залежить від властивостей матеріалу, умов експлуатації та вимог до якості покриття.

Не рекомендується обмежуватися одним шаром емалі, оскільки таке покриття не забезпечує достатньої укривистості, блиску та довговічності. Для синтетичних емалей доцільним є дво- або тришарове нанесення, для нітроемалей — багатошарове. Водночас надмірне збільшення товщини нітроемалевого покриття є небажаним, оскільки це може спричинити розтріскування під час експлуатації при змінних температурних впливах. Для нітроемалевих покриттів оптимальна загальна товщина становить 80–130 мкм, а для синтетичних — 70–120 мкм.

Перший шар емалі виконує роль виявлювального: він дозволяє виявити залишкові дефекти шпаклювання та шліфування. Цей шар роблять тоншим за наступні. Виявлені дефекти усувають швидко висихаючими шпаклівками, після чого поверхню знову зашліфовують і наносять наступні шари емалі. Для якісного міжшарового зчеплення важливе ретельне шліфування попереднього шару.

Готове лакофарбове покриття повинно мати рівномірний блиск, добрий розлив і однорідну структуру. На поверхні не допускаються просвічування ґрунту чи шпаклівки, патьоки, включення пилу, механічні пошкодження та інші дефекти. Фарбування необхідно здійснювати у чистому сухому приміщенні, оскільки пил та підвищена вологість погіршують зовнішній вигляд і захисні властивості покриття. Відносна вологість повітря у фарбувальній зоні не повинна перевищувати 70 %.

					КРБАТ 26. 22101.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		50

2.3 Розробка технологічного процесу ремонтного фарбування крила

Ремонтне фарбування може бути повним або частковим. Повне фарбування передбачає нанесення покриття на зовнішні поверхні кузова, торці, прорізи та внутрішні поверхні арок. При частковому фарбуванні обробляють окреме крило, підбираючи колір емалі відповідно до основного кольору кузова та захищаючи суміжні поверхні, що не підлягають фарбуванню.

Автомобіль повинен надходити на ділянку фарбування в підготовленому та частково розібраному стані відповідно до виду ремонтних робіт. Стан поверхні та якість виконання фарбування мають відповідати чинним технічним вимогам до ремонту кузовів легкових автомобілів.

Технологічний процес ремонтного фарбування включає такі основні операції:

1. Установлення автомобіля на пост підготовки до фарбування.
2. Миття кузова водою з видаленням поверхневих забруднень.
3. Видалення відшарованого покриття шпателем.
4. Мокре шліфування поверхонь, що підлягають фарбуванню. У важкодоступних місцях обробку виконують вручну або механізованим інструментом. За наявності корозії, тріщин чи сколів покриття поверхню зачищають до металу. При багаторазовому перефарбуванні верхні шари знімають до первинного ґрунту.
5. Промивання, обдування стисненим повітрям і сушіння кузова.
6. Ізоляція ділянок, що не фарбуються, папером і клейкою стрічкою.

					КРБАТ 26. 22101.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		51

7. Установлення автомобіля у фарбувальну камеру та захист коліс спеціальними кожухами.
8. Знежирення поверхонь, що фарбуються.
9. Ґрунтування зачищених до металу ділянок антикорозійними ґрунтами.
10. Промивання фарбувального обладнання розчинником.
11. Витримка нанесеного шару ґрунтовки.
12. Нанесення шару епоксидефірного ґрунту на замінені кузовні елементи та інші поверхні, що ремонтуються.
13. Зняття захисних кожухів із коліс.
14. Сушіння кузова в сушильній камері або із застосуванням інфрачервоного випромінювання.
15. Очищення фарбувального обладнання.
16. Охолодження кузова до температури навколишнього середовища.
17. Видалення захисних матеріалів з ізольованих поверхонь.
18. Повторне встановлення автомобіля на пост підготовки.
19. Мокре шліфування заґрунтованої поверхні.
20. Промивання, обдування та сушіння.
21. Локальне шпаклювання виявлених дефектів поверхні.
22. Сушіння шпакльованих ділянок.
23. Шліфування зашпакльованих місць.
24. Повторне промивання, обдування і сушіння.
25. Нанесення герметизуючої мастики на зварні шви, стики та місця з'єднання заміненних деталей.
26. Видалення надлишків мастики.
27. Повторна ізоляція ділянок, що не підлягають фарбуванню.
28. Установлення автомобіля у фарбувальну камеру.
29. Знежирення поверхні перед фарбуванням.

					КРБАТ 26. 22101.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		52

30. Повторне ґрунтування ділянок, зачищених до металу.
31. Очищення фарбувального обладнання.
32. Витримка нанесеного шару.
33. Нанесення двох шарів емалі на внутрішні поверхні кузова з проміжною витримкою.
34. Нанесення двох шарів емалі на зовнішні поверхні кузова або крила.
35. Промивання фарборозпилювача.
36. Зняття захисних кожухів.
37. Сушіння пофарбованого кузова в сушильній камері.
38. Охолодження після сушіння.
39. Видалення захисту з ізольованих поверхонь.
40. Підготовка допоміжних фарбувальних сумішей

Для збереження лакофарбового покриття після ремонту доцільно застосовувати полірувальні засоби. Полірування дозволяє усунути дрібні вклучення, підвищити гладкість поверхні та надати їй блиску. Оброблена поліролями поверхня краще відбиває світло, менше забруднюється, а її пори і мікротріщини частково заповнюються захисними компонентами на основі восків і смол.

Полірувальні препарати підбирають залежно від стану покриття та строку експлуатації автомобіля. Для нових покриттів застосовують безабразивні засоби, які очищують поверхню, заповнюють мікропори і створюють захисну плівку. Для покриттів, що втратили блиск, використовують склади з м'якими абразивами, які усувають мікронерівності і відновлюють зовнішній вигляд. Старі покриття, що мають сліди крейдування і втрату однорідності, обробляють більш активними полірувальними композиціями, після чого поверхню доцільно додатково покривати консервувальним поліролем для посилення захисного ефекту.

					КРБАТ 26. 22101.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		53

3 КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ ЛАКОФАРБОВИХ ПОКРИТЬ АВТОМОБІЛЯ

Контроль якості ґрунтовок, шпаклівок, емалей, фарб і лаків здійснюють із використанням комплексу фізико-хімічних, механічних, технологічних, натурних і прискорених методів випробувань. Такі методи дозволяють оцінити технологічні властивості матеріалів, декоративні показники покриттів, а також їх захисну здатність і довговічність в умовах експлуатації.

3.1 Методи вимірювання міцності лакофарбового покриття

Міцність лакофарбової плівки при ударі визначають за максимальною висотою падіння вантажу масою 1 кг, при якій покриття не зазнає механічного руйнування. До ознак руйнування належать розтріскування, зминання або відшарування плівки. Для такого випробування застосовують прилад У-1А, який складається з градуйованого сталевого порожнистого циліндра, закріпленого на основі, та ударного пристрою масою 1 кг. У центрі ударного елемента розташований бойок діаметром 8 мм із глибиною заходження 2 мм.

Якщо, наприклад, після падіння вантажу з висоти 50 см лакофарбова плівка не руйнується, її ударна міцність становить 0,5 кН/см. Стан поверхні після випробування оцінюють візуально із застосуванням лупи з чотириразовим збільшенням.

Оцінювання міцності покриття також може виконуватися методом струминно-абразивного впливу. У цьому випадку показником служить час від початку обробки до появи перших ознак викришування або руйнування покриття. Такий підхід дозволяє додатково оцінити стійкість лакофарбового шару до механічного зношування.

					КРБАТ 26. 22101.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		54

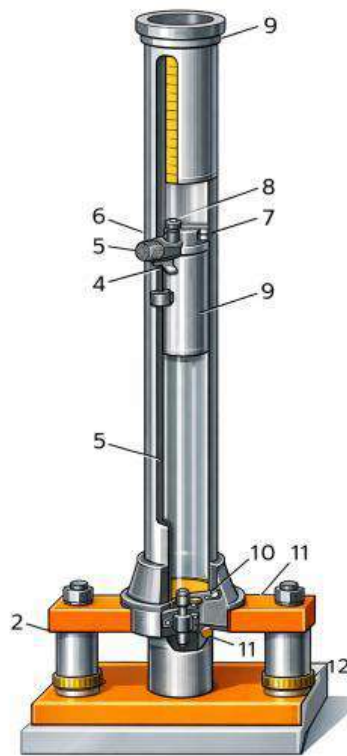


Рис. 3.1 - Прилад У-1А

Встановлення міцності покриття при ударі (ГОСТ 4765-73) можна виконати з допомогою пристрою, наведеного на рис. 3.2.

Метод заснований на встановленні максимальної висоти, з якої падає на зразок з плівкою фарби, вантаж масою 1 кг з наконечником у вигляді кульки діаметром 8 мм, не викликаючи при цьому її механічного

3.2. Прилади для визначення товщини лакофарбових покриттів

Для визначення товщини лакофарбового покриття, одержаного на склі або металевій пластинці з немагнітного матеріалу, а також товщина вільної лакофарбової плівки застосовує індикатор, а також гвинтовий або мікрометр важеля загально промислового застосування, або прилад ТЛКП для вимірювання товщини лакофарбової плівки.

В деяких випадках при контролі лакофарбового покриття необхідно зміряти товщину сирого шару лакофарбового матеріалу. Для цього використовують вимірника товщини сирого шару ІТСП-1.

Мікрометр. Товщину плівки в цьому випадку визначають по різниці товщини пластини з покриттям і пластини без покриття.

Товщину визначають в наступній послідовності.

Перед нанесенням лакофарбового матеріалу в декількох місцях вимірюють товщину пластини-підкладки. Для цього паперовий трафарет з вирізаними в місцях виміру круглими отворами накладають на пластину і виробляють виміри. Після цього наносять лакофарбовий матеріал і сушать відповідно до технічних умов. Потім заміряють по трафарету товщини пластини з плівкою.

Різниця між другим і першим виміром є завтовшки покриття. Товщину покриття розраховують як середнє арифметичне з 5-6 вимірів.

Прилад ТЛКП (рис.3.18) є індикатором типа ІЧМ-2 з розподілами шкали через 0,002 мм. Прилад забезпечений пристосуванням для вимірювання товщини лакофарбових покриттів.

Пристосування складається з насадки з двома опорними ніжками, укороченими в порівнянні з щупом індикатора на 1,5 мм. Насадка надіта на нижню втулку щупа і укріплена за допомогою стопорних гвинтів, що мають загартовані вістря, заточені під кутом 60°.

Кінці опорних ніжок мають гладкі відшліфовані сферичні поверхні, точно співпадаючі з профілем кульки щупа. Ніжки і щуп індикатора розташовані в одній площині. Товщину лакофарбового покриття визначають таким чином. На вибраній ділянці випробовуваного покриття м'яким графітним олівцем по лінійці проводять дві взаємно перпендикулярні лінії. Прилад ТЛКП встановлюють на покритті так, щоб опорні ніжки з знаходилися на прямій лінії і під дією власної ваги щільно прилягали до покриття, а

						КРБАТ 26. 22101.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата			56

центр осі щупа індикатора / співпадає з точкою перетину іншої лінії. Потім, обертаючи обід циферблата індикатора, встановлюють нуль шкали проти стрілки і за допомогою притискної колодки і гвинта укріплюють циферблат нерухомо. Після цього прилад знімають і в точці перетину двох ліній лакофарбове покриття видаляють (зіскоблюючи або розмиваючи ватяним тампоном, змоченим у відповідному розчиннику) так, щоб оголена ділянка мала форму овалу чи круга діаметром не менше 3 мм. Ділянка, з якої знято покриття, протирають чистою м'якою ганчіркою і, встановивши прилад в колишнє положення, по глибині лунки вимірюють товщину покриття, відзначаючи відхилення стрілки від куля. За товщину плівки приймають середнє арифметичне значення з 5-6 визначень. Точність вимірювання приладу $\pm 1\%$.

Прилад ІТП-1 є корпусом у формі авторучки, усередині якого розміщена динамометрична система, що складається з постійного магніта, спіральної пружини і повзуна з двозахідним різьбленням. Верхню частину корпусу охоплює муфта, що має двозахідне внутрішнє різьблення; у западинах різьблення переміщається штифт, проходячий через два подовжні пази в корпусі і отвір в повзуні. Муфта спирається на наполегливу втулку, яка кріпиться в корпусі трьома стопорними гвинтами. Між муфтою і верхнім виступом корпусу поміщена защепка для кріплення приладу в кишені спецодягу. Нижня частина корпусу закривається знімним ковпачком. Товщину покриття визначають таким чином. Знімають ковпачок 1 і встановлюють прилад у вертикальне положення. Торцевою частиною корпусу 5 і магніта 2 прилад притискають до поверхні покриття. Повільним обертанням муфти 14 піднімають повзун 10 до відриву магніта під дією розтягнутої пружини 4 від поверхні покриття. Момент відриву визначають по легкому удару магніта через пружину про повзун. В цей час припиняють обертання муфти і за шкалою 12 читають свідчення приладу. По номограмі,

						КРБАТ 26. 22101.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата			57

прикладений до даного приладу, визначають контрольовану товщину покриття. За товщину плівки на пластині приймають середнє арифметичне значення з 5-ти визначень. Прилад ІТСП-1 (рис.3.4) призначений для визначення товщини сирого шару лакофарбового матеріалу товщиною від 0 до 300 мкм, нанесеного на підкладку. Прилад є сталевим загартованим диском діаметром 50 мм. Диск має дві крайні циліндрові вузькі поверхні і середню - вимірювальну, розташовану ексцентрично щодо крайніх так, що глибина паза, заповнюваного випробовуваним лакофарбовим матеріалом, змінюється від 0 до 300 мкм. На торцевій стороні диска нанесена шкала. Товщину сирого шару лакофарбового матеріалу визначають таким чином. Диск прокатують по свіжо нанесеному шару лакофарбового матеріалу від нульового розподілу до розподілу 30. Середня ексцентрична доріжка / змочується матеріалом, а за шкалою 2 наголошується, до якого розподілу відбулося змочування, тобто товщина сирого слоя.

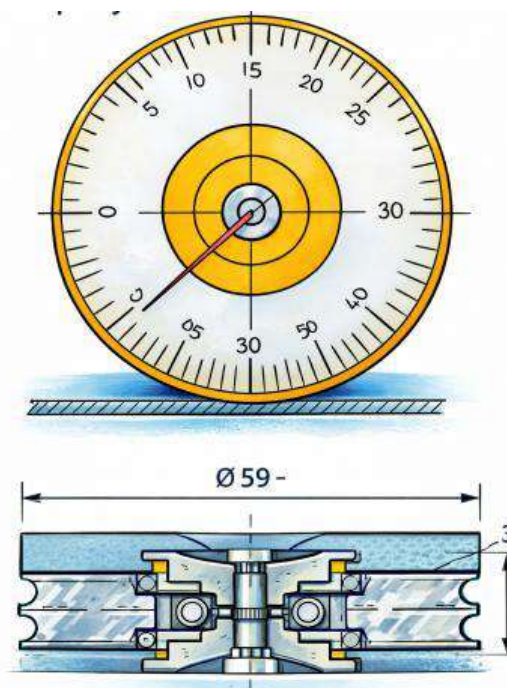


Рис. 3.2 - Прилад ІТСП-1 для вимірювання товщини сирого шару лакофарбового матеріалу:

3.3 Методи визначення зносостійкості лакофарбових покриттів

Адгезійний знос заснований на фрикційному перенесенні: у локальних зонах контакту полімеру з контр тілом при терті протікає інтенсивна молекулярна (адгезійна) взаємодія, сили якої перевищують міцність зв'язку між молекулами або надмолекулярними утвореннями в напружено-деформаційній зоні тертя. В результаті цього відбувається руйнування поверхні полімеру і продукти («третє тіло»), що утворюються, несуться із зони тертя. Знос в цьому випадку залежить від будови і структури полімерів. Наприклад, адгезійний знос аморфних полімерів навіть при порівняно невеликих навантаженнях переходить в термічний і, як правило, супроводжується втомним і абразивним зносом.

Втомний знос реалізується при пружному характері контакту нерівностей полімерного тіла з стираючим агентом за рахунок місцевих напруг і деформацій. При цьому велику роль виконують деформаційні процеси. Так, при пластичній деформації полімеру втомний знос на декілька порядків вищий, ніж при інших видах деформації.

Абразивний знос обумовлений тим, що при напружено-деформаційному стані полімеру при контакті його з стираючим тілом досягаються граничні значення напруг, перевищуючі прочностні характеристики полімеру, і відбувається руйнування його поверхні. Абразивний знос супроводжується трибохімічними процесами, що ініціюються деструкцією полімеру.

Ерозійний знос - поверхневе руйнування полімеру в процесі дії на нього рідких, газоподібних, високотемпературних середовищ, що містять абразивні частинки у вигляді піску, пилу, крижинок, продуктів згорання і т.д.

					КРБАТ 26. 22101.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		59

Така класифікація механізмів зносу є вельми умовною, оскільки знос полімерів, зокрема лакофарбових покриттів, - складний вид руйнування, обумовлений як специфікою поверхневих шарів покриття в цілому, так і процесів, що протікають в місцях контакту із стираючим контр тілом. Руйнування покриттів обумовлене фізичним станом полімеру, залежним від режимів навантаження - навантаження, швидкості навантаження, температури механізму деформації плівки, протікання процесів хімічної деструкції і т.д.

Оцінкою зносу лакофарбових покриттів є показник зносостійкості.

Хоча в технології лаків, фарб, пластичних мас, каучуку і гуми прийнятий також термін «стирання», точніше користуватися терміном «зносостійкість». Простим і найбільш ширше використовуваним в промисловості є метод оцінки зносостійкості лакофарбових покриттів, заснований на визначенні кількості кварцового піску, необхідного для руйнування покриття до підкладки. Зносостійкість I визначають по формулі:

$$I = \frac{m}{t}, \quad (3.1)$$

де m - маса витраченого піску; t - товщина плівки.

За рубежом використовують аналогічні методи, відмінні тільки висотою або швидкістю падіння струменя піску.

До недоліків цих методів можна віднести наступні: складність виявлення навантаження при зносі; неможливість чіткої реєстрації початку і закінчення випробування, що часто призводить до поганої відтворності експериментальних даних.

Найдосконалішою установкою, що працює за цим принципом, є установка ІФХ АН СРСР, на якій можна проводити визначення

					КРБАТ 26. 22101.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		60

зносостійкості покриттів в інтервалі температур від -80 до 200 °З і швидкостях струменя кварцового піску до 350 м/с (рис.3.22).

Випробування виробляється таким чином. Пісок подається з постійною швидкістю (6 г/с) з воронки в струмінь азоту, швидкість якого регулюється вентилем. Залежно від заданої температури випробування нагрітий або охолоджений в теплообміннику азот в суміші з піском з сопла струменем

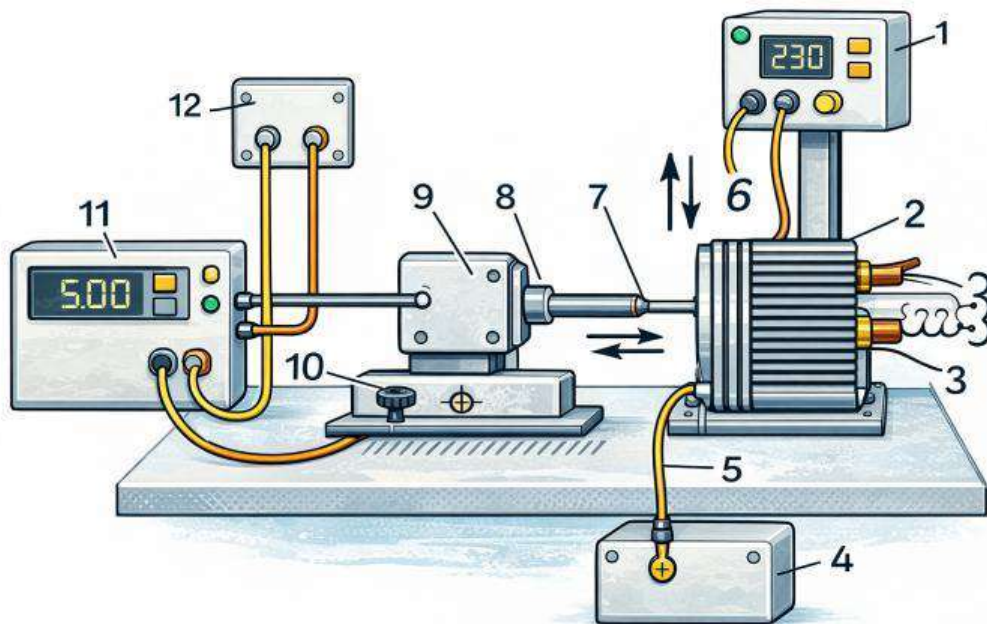


Рис. 3.3 - Схема установки для випробувань стійкості покриттів до зносу:

1-електропривід; 2-стіл; 3-латр; 4-мілівольтметр; 5-термопара;
6-зразок з покриттям; 7-індентор; 8-осердя; 9-генератор;
10-мікрометричний столик; 11-генератор ГЗ-4А; 12-вольтметр.

У літературі описаний ряд методів визначення зносостійкості покриттів, в яких контр тілами служать металеві кульки, сталевий дріт і ін. Як контр тіла використовуються також гумові шайби, па які приклеюються заздалегідь забарвлені смужки алюмінієвої фольги.

Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

КРБАТ 26. 22101.000.ПЗ

Арк.

61

В цьому випадку оцінка зносостійкості покриттів виробляється по масі витертої частини покриття шляхом зважування зразків до і після випробувань. Експериментальні дані, одержані при застосуванні цього способу, мають низьку відтворність, що обумовлено попаданням лакофарбової плівки в пори гуми і зміною маси клеївши в клейовому шві.

Величина амплітуди коливанні індентора контролюється ламповим вольтметром по напрузі в обмотці генератора ГМК-1.

Визначення зносостійкості на цьому приладі можна виробляти при мінусових і підвищених температурах. Нагрів зразків здійснюється електричною пічкою, вмонтованої в столик; температура поверхні покриття визначається термопарою. При подачі рідкого азоту випробування можна проводити і при мінусових температурах.

Критерієм зносостійкості служить глибина канавки після багатократних ударів індентора по поверхні покриття, яка вимірюється профілографом-профілометром з точністю до 0,1 мкм.

Найперспективнішим для визначення зносостійкості лакофарбових покриттів в промислових умовах опинилися методики, засновані на стиранні поверхні покриття шліфувальною шкіркою.

Особливістю методу визначення зносостійкості покриттів за допомогою цього приладу на відміну від існуючих приладів аналогічної дії є те, що знос покриття виробляється протягом всього випробування новою ділянкою абразивної шкірки, безперервно рухомою у вигляді стрічки (підстава шкірки - папір ВШ-140, абразив - електрокорунд 14А, зернистість М-40), що виключає засіл шкірки. Метод полягає у вимірюванні об'єму зразка (об'ємний знос) або спаду маси зразка (знос по масі) при стиранні поверхні покриття шліфувальною шкіркою.

					КРБАТ 26. 22101.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		62

формування, так і з термічними явищами, що супроводжують нагрівання, охолодження та подальше старіння покриття. У сформованому шарі додаткові напруження виникають унаслідок різниці коефіцієнтів лінійного теплового розширення матеріалу покриття та металевій підкладці. Під час експлуатації і старіння в покритті відбуваються також структурні перетворення, які можуть спричинити додаткові внутрішні напруження.

Отже, сумарні внутрішні напруження в лакофарбовому покритті на жорсткій підкладці можна розглядати як результат дії кількох чинників: усадки в процесі тверднення, термічного стискання або розширення, а також змін надмолекулярної структури покриття при старінні.

Для різних типів плівкоутворювачів характер зміни внутрішніх напружень є різним. У термореактивних покриттях при нагріванні внутрішні напруження, як правило, зменшуються, а під час подальшого охолодження знову зростають. Це пояснюється зміною модуля пружності матеріалу та перебігом релаксаційних процесів. У випадку термопластичних полімерів величина напружень також істотно залежить від температури, але характер їх зміни визначається рухливістю макромолекул та швидкістю структурної перебудови матеріалу.

Термічні внутрішні напруження у полімерних покриттях при зміні температури залежать від різниці коефіцієнтів лінійного розширення плівки та підкладки, модуля пружності покриття, коефіцієнта Пуассона, а також від частки деформації, що релаксує у часі. У термореактивних покриттях при підвищених температурах переважно формуються саме термічні напруження, величина яких визначається модулем пружності при цих температурах і швидкістю релаксаційних процесів.

					КРБАТ 26. 22101.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		64

У ряді випадків рівень внутрішніх напружень може досягати критичних значень. Це спричиняє самовільне розтріскування, відшарування або інші форми руйнування лакофарбового покриття. Особливо небезпечними є високі напруження для жорстких і крихких покриттів, які мають обмежену здатність до релаксації. Для еластичніших систем допустимий рівень внутрішніх напружень є вищим, оскільки частина деформацій компенсується пружно-в'язкою поведінкою матеріалу.

Внутрішні напруження істотно впливають на експлуатаційні властивості покриттів. Вони можуть знижувати адгезійну міцність, погіршувати тріщиностійкість, зменшувати довговічність, а також негативно позначатися на захисних, електроізоляційних і декоративних характеристиках покриття. Водночас розглядати внутрішні напруження як єдиний критерій довговічності недоцільно, оскільки термін служби покриття визначається також умовами експлуатації, товщиною шару, типом основи, ступенем адгезії та впливом зовнішнього середовища.

Методи визначення внутрішніх напружень у покриттях умовно поділяють на дві основні групи: ****оптичні**** та ****механічні****. Оптичні методи базуються на аналізі деформацій або змін геометрії зразка за допомогою оптичних систем. Механічні методи ґрунтуються на безпосередньому вимірюванні прогину, вигину чи зусиль, що виникають у системі «покриття – підкладка».

Найбільшого поширення у дослідницькій практиці набув консольний метод Санжаровського–Спіфанова. Його суть полягає у вимірюванні висоти вигину тонкої консольної пластинки, на одну сторону якої нанесено лакофарбове покриття. Унаслідок виникнення внутрішніх напружень у плівці підкладка деформується, а вільний кінець пластинки відхиляється від початкового положення. За

					КРБАТ 26. 22101.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		65

величиною цього відхилення визначають рівень внутрішніх напружень у покритті.

Для проведення випробування використовують зразок у вигляді тонкої пластини-підкладки з нанесеним шаром покриття. Основними геометричними параметрами такого зразка є довжина пластини, її товщина, товщина покриття, радіус кривизни після деформації, прогин і величина відхилення вільного кінця. Схему такого зразка наведено на рисунку 3.8.

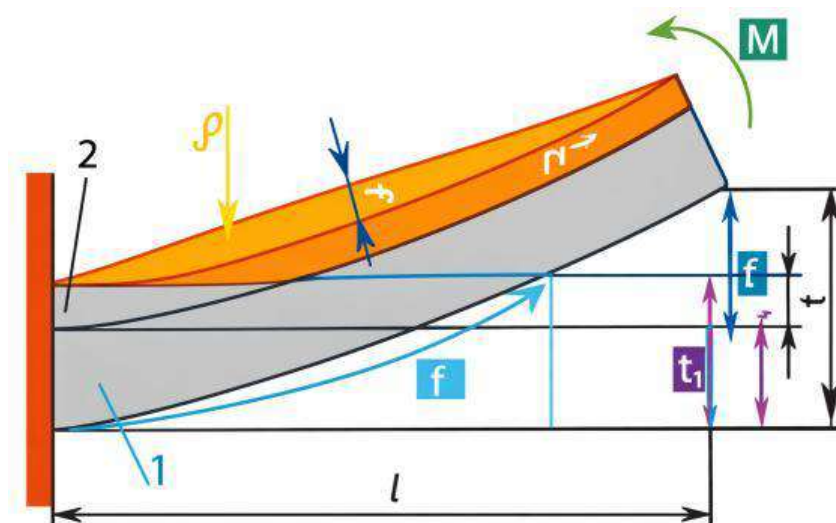


Рисунок 3.5 – Зразок для визначення внутрішніх напружень:**

1 – пластина-підкладка;

2 – покриття;

l – довжина зразка;

t – товщина пластини;

r – радіус кривизни;

f – прогин;

h – відхилення кінця пластини;

t₁ – товщина покриття;

M – згинальний момент.

Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

Перевагою консольного методу є його простота, наочність і можливість оцінювати зміну внутрішніх напружень у процесі формування покриття. Це дає змогу простежити вплив складу лакофарбового матеріалу, режимів сушіння та товщини шару на напружений стан плівки. Саме тому цей метод широко застосовується як у наукових дослідженнях, так і при порівняльній оцінці різних лакофарбових систем.

Якщо потрібно, я можу одразу зробити **3.5 Методи визначення адгезії, твердості, товщини та блиску покриттів** у такому ж стилі.

Внутрішні механічні напруги (МПа) розраховуються по формулі:

$$\sigma_{\text{вн}} = \frac{Et^3 h}{30l^2(t + \Delta f)\Delta t}, \quad (3.3)$$

де E-модуль пружності підкладки; t - товщина підкладки; h- відхилення консолі; l- довжина плівки; Δt - товщина плівки.

Зразок для визначення внутрішніх напруг в лакофарбових покриттях показаний на рис.3.9.

До базової пластинки через прокладку точковою зваркою приварюється пластина-підкладка, на яку наноситься випробовуваний лакофарбовий матеріал. Зразок виготовляється з одного металу. На якість зразка впливає точкова зварка, тому після виготовлення зразок відпалюють при 300-350 °З

Визначення $\sigma_{\text{вн}}$ в покриттях при підвищених температурах виробляється на приладі, схема якого приведена на рис.3.10.

Основною частиною приладу є втулка з утримувачем, в яких закріплюються зразки підкладки з покриттям. Зразки одягаються на шпильку, розташовану в металевій коробці, яка поміщена в тепло ізолюючому кожусі із знімною кришкою. На дні кожуха в зазорі вмонтована нагрівальна спіраль. Задана температура контролюється за допомогою приладу ЕПП-09. При нагріванні зразків в процесі

					КРБАТ 26. 22101.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		67

затвердіння або старіння виникають $\sigma_{\text{вн}}$, що викликають відхилення пластини. Зміна Δh пластини фіксується через засклеєне віконце, розташоване в кришці кожуха (віконце для зручності вимірювання освітлюється), і заміряється за допомогою мікроскопа. Поворот втулки перед установкою наступного зразка виробляється ручкою.

Був запропонований універсальний прилад, па якому можна вимірювати внутрішні напруги як при кімнатній температурі, так і в діапазоні температур від -100 до 300 °З, схема якого приведена на рис.3.11.

Основну частину приладу складають шість пластинчастих динамометрів /, закріплених на втулці 2, надітої на стрижень 3, що знаходиться в теплоізолюючому корпусі з кришкою 5, що відкидається. Холодильна камера 6 вмонтована в нижній частині кришки, а нагрівальний елемент 7 вбудований під динамометрами. Вимірювання і регулювання температури здійснюються потенціометром за допомогою термопари, поміщеної в робочій камері безпосередньо у зразків. Відлік Δh виконується мікроскопом, що переміщається в горизонтальному і вертикальному напрямках з точністю до 0,01 мм, що забезпечує точність вимірювання $\sigma_{\text{вн}}$ в покриттях до 0,1 МПа.

					КРБАТ 26. 22101.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		68

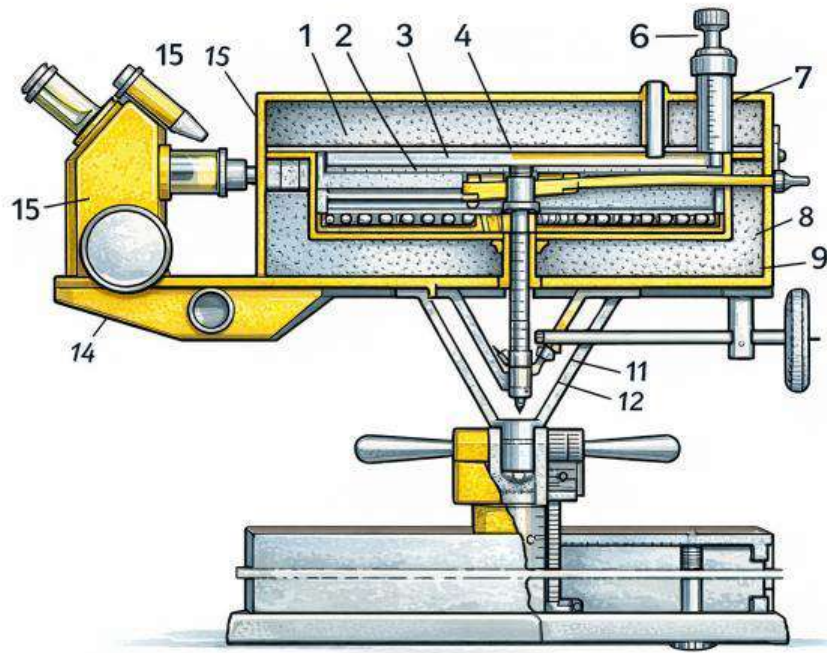


Рис. 3.10 - Схема універсального приладу для визначення внутрішніх напруг:

1- пластинчастий динамометр; 2- втулка; 3- стрижень; 4- корпус;
 5- кришка; 6- холодильна камера; 7- нагрівальний елемент; 8- термопара;
 9- маховик; 10,11- конічні шестерні; 12- гайка; 13- кронштейн; 14- мікроскоп; 15-освітювач; 16- отвір.

Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

КРБАТ 26. 22101.000.ПЗ

Арк.

69

Висновки

1. Проаналізовано сучасні технологічні процеси фарбування та антикорозійного захисту кузовних деталей автомобіля, встановлено, що їх ефективність визначається якістю підготовки поверхні, зокрема операціями знежирення та фосфатування, які забезпечують належну адгезію покриттів.
2. Досліджено особливості нанесення ґрунтових і лакофарбових покриттів, зокрема електрофоретичного ґрунтування, що дозволяє отримати рівномірні покриття товщиною 25–35 мкм на зовнішніх та 17–25 мкм на внутрішніх поверхнях, забезпечуючи високий рівень антикорозійного захисту.
3. Встановлено, що застосування багатошарових систем покриттів (ґрунт – вторинна ґрунтовка – емаль – антикорозійні мастики) забезпечує формування комплексного захисного шару загальною товщиною 80–110 мкм, який характеризується високою стійкістю до впливу агресивних середовищ.
4. Проаналізовано механізми виникнення внутрішніх напружень у лакофарбових покриттях, визначено, що їх величина формується під впливом усадкових і термічних процесів та залежить від модуля пружності матеріалу, коефіцієнтів лінійного розширення та умов формування покриття.
5. Розглянуто основні методи визначення внутрішніх напружень у покриттях, зокрема консольний метод, який базується на вимірюванні деформації підкладки, та встановлено його практичну придатність для оцінювання напруженого стану тонких плівок.

					КРБАТ 26. 22101.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		70

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДСТУ ISO 12944-1:2019. Фарби та лаки. Захист сталевих конструкцій від корозії за допомогою лакофарбових систем. Частина 1. Загальні положення. – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2019. – 30 с.
2. ДСТУ ISO 2409:2019. Фарби та лаки. Визначення адгезії методом решітчастих надрізів. – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2019. – 12 с.
3. ДСТУ EN ISO 4628-1:2022. Фарби та лаки. Оцінювання руйнування покриттів. Частина 1. Загальні положення. – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2022. – 20 с.
4. ДСТУ ISO 8501-1:2015. Підготовка сталевих поверхонь перед нанесенням фарб і споріднених продуктів. – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2015. – 34 с.
5. ДСТУ ISO 2808:2019. Фарби та лаки. Визначення товщини покриття. – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2019. – 40 с.
6. Лахтін Ю. М., Леонтєва В. П. Матеріалознавство. – Київ: Вища школа, 2005. – 528 с.
7. Чигринов В. М. Корозія і захист металів. – Київ: Либідь, 2006. – 304 с.
8. Гуляев А. П. Металознавство. – Київ: Техніка, 2004. – 560 с.
9. Ковальчук В. М. Матеріалознавство і технологія конструкційних матеріалів. – Львів: Новий Світ-2000, 2013. – 448 с.
10. Білокур І. П. Основи матеріалознавства. – Київ: Вища школа, 2012. – 368 с.
11. Герасимчук О. М. Основи технології машинобудування. – Київ: Кондор, 2015. – 320 с.

					КРБАТ 26. 22101.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		71

12. Дяченко С. С., Дяченко В. С. Матеріалознавство. – Харків: ХНАДУ, 2012. – 440 с.
13. Романів О. Н. Механіка матеріалів і конструкцій. – Львів: Львівська політехніка, 2011. – 540 с.
14. ISO 12944-5:2018. Paints and varnishes – Corrosion protection of steel structures by protective paint systems. – Geneva: ISO, 2018. – 60 p.
15. ISO 9227:2017. Corrosion tests in artificial atmospheres – Salt spray tests. – Geneva: ISO, 2017. – 34 p.

					КРБАТ 26. 22101.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		72