

Шифр «Хрестовина»

**Аналіз існуючих і розробка методу відновлення хрестовин карданів в
умовах малих автотранспортних підприємств**

Зміст

Вступ.....	3
1. Карданна передача. Будова.....	4
2. Технологічний процес відновлення хрестовини кардану	5
3. Дефектація хрестовини кардану.....	5
4. Аналіз методів відновлення шипів хрестовин та вибір оптимального.....	10
5. Електроіскрове нарощення і зміцнення металів.....	17
6. Розробка технології електроіскрового легування шипів хрестовин.....	18
6.1 Загальні положення.....	18
6.2 Установка для електроіскрового легування.....	20
6.3 Вибір матеріалу та технології нанесення шару на поверхню дослідних зразків.....	24
6.4 Виготовлення шліфів.....	25
6.5 Аналіз металографічних та хроматографічних досліджень відновлених поверхонь.....	25
Висновки.....	27
Література.....	28
Анотації.....	30

Вступ

Характерною особливістю рухомого складу транспортних підприємств різних форм власності є велика різноманітність використовуваних марок автомобілів, а також різний термін експлуатації зазначених автотransпортних засобів.

Деякі моделі уже зняті з виробництва, тому питання забезпечення запасними частинами для ремонту є актуальним. Ремонтні майстерні та станції технічного обслуговування не завжди оснащені сучасним технологічним обладнанням та забезпечені кадрами відповідної кваліфікації. Актуальним є підбір технологічних процесів реставрації деталей в умовах цих майстерень з точки зору їх простоти, дешевизни та продуктивності.

Після виходу з ладу більшість деталей утилізуються або здаються на металобрухт. Матеріалом цих деталей є жаростійкі сталі, леговані сталі, та ін., вартість яких складає більшу частину вартості нової деталі. Раціональним підходом з економічної точки зору буде створення нової робочої поверхні з експлуатаційними характеристиками не гірше, а то й в більшості випадків і краще нової деталі.

Необхідно використовувати такі процеси реставрації автомобільних деталей, які б не вимагали високої кваліфікації ремонтних робітників, одночасно забезпечуючи високу якість виконаної роботи. При цьому необхідно вибирати такі технологічні маршрути відновлення, які б дозволяли виконувати операції з реставрації деталей на універсальному обладнанні і не вимагали придбання дороговартісного спеціального обладнання. Необхідно також мінімізувати загальний об'єм чистової та викінчувальної механічної обробки.

Розроблення економічно вигідної технології фактично гарантує впровадження процесу відновлення в малих автотransпортних підприємствах та станціях технічного обслуговування з ремонту та технічного обслуговування техніки. Раціонально підібране обладнання дає можливість використовувати такі технології на підприємствах, які не мають в своєму арсеналі дефіцитних матеріалів та дорогого обладнання.

1. Карданна передача. Будова.

Карданна передача [1] до ведучого моста складається з карданного вала, шарнірів і проміжної опори. Карданні шарніри забезпечують пружний момент між валами, осі яких перетинаються під змінними кутами. В трансмісії автомобілів застосовують жорсткі карданні шарніри неоднакових і однакових кутових швидкостей.

Карданний шарнір неоднакових кутових швидкостей складається з жорстких деталей ведучої й веденої вилок, хрестовини на шипи якої насаджені голчасті підшипники (рисунки 1.1, 1.2).



Рисунок 1.1 – Карданна передача в зборі

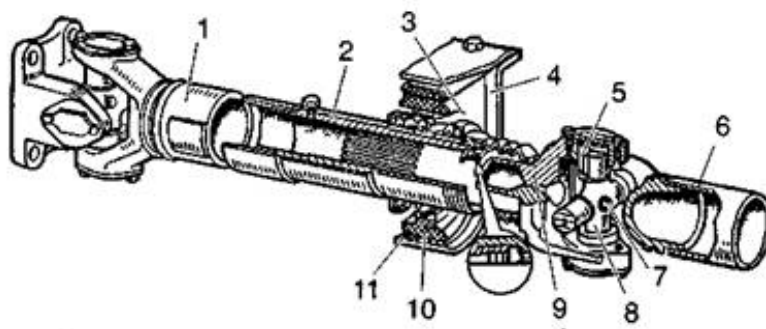


Рисунок 1.2 – Будова карданної передачі

1,6 — відповідно проміжний і основний карданні вали, 2 — шліцьова втулка, 3—проміжна опора, 4—кронштейн, 5—голчасті підшипники, 7 — прес-оливниця, 8 — хрестовина; 9 — вилка, 10 — гумове кільце, 11 — кульковий підшипник.

2. Технологічний процес відновлення хрестовини кардану

Схема технологічного процесу відновлення хрестовини кардану зображена на рисунку 2.1.

Після миття карданний вал поступає в агрегатне відділення, де проводять його розбирання, миття деталей і дефектацію. Під час дефектації визначають дефекти хрестовин і встановлюють її придатність та способи відновлення, використовуючи дефектаційні карти (таблиця 2.1).

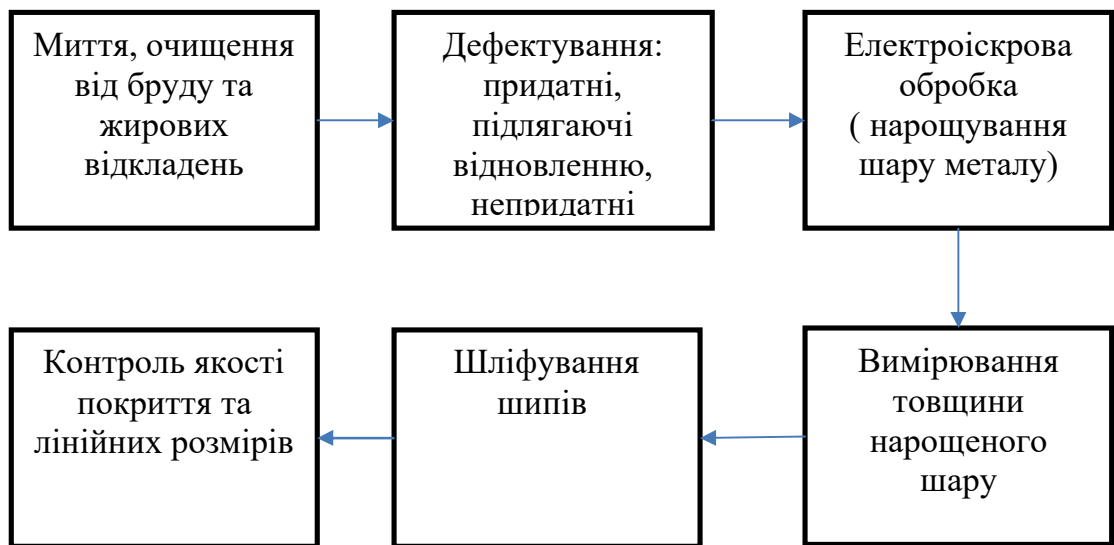


Рисунок 2.1 – Схема технологічного процесу відновлення хрестовини карданного валу

3. Дефектація хрестовини кардану

Контроль технічного стану хрестовин автомобіля проводиться [15] відповідно до технічних вимог на дефектацію і ремонт викладених в ТУ.

Технічний стан деталі визначається ретельним зовнішнім оглядом, а далі за допомогою різних вимірювальних інструментів. Відповідно до технічних вимог на дефектацію і ремонт, а також за результатами отриманих вимірів хрестовину відносять до однієї з трьох груп: придатні, потребують відновлення, брак.

Дефектація – комплекс контрольно-вимірювальних операцій для визначення стану деталі за технічними умовами на ремонт [8, 9, 10].

Технічні умови на ремонт (ТУ) – нормативно-технічна документація, яка визначає розміри та пошкодження для деталей. Деталі згідно з ТУ поділяють на три групи: придатні до подальшої експлуатації; деталі, що підлягають відновленню; непридатні до відновлення (брак).

Технічні умови складають у вигляді карт, де вказують: назву деталі й номер за каталогом, перелік дефектів, способи їх виявлення і рекомендовані способи усунення, ескіз із зазначенням місць розташування дефектів, основні розміри деталі, матеріал, твердість. Параметри хрестовин карданних валів повинні відповідати ТУ [2,3,8] (таблиця 2.1).

Величина допустимого зносу $Z_{\text{ДП}}$ визначається за формулою

$$Z_{\text{ДП}} = Z_{\text{ГР}} - Z_{\text{М}},$$

де $Z_{\text{ГР}}$ - граничний знос деталі, мм;

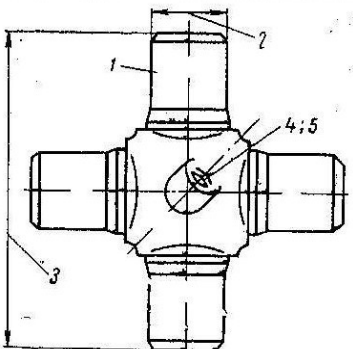
$Z_{\text{М}}$ - величина зносу деталі за міжремонтний пробіг автомобіля, мм.

Статистична обробка даних дефектації дозволяє визначити коефіцієнти придатності, замінності, відновлення деталей і на підставі отриманих результатів прогнозувати витрати виробничих і матеріальних ресурсів.

Проведення дефектації хрестовин карданних валів виконують в такому порядку: ознайомитися з технічними вимогами на дефектацію і ремонт хрестовин карданного вала; підібрати вимірювальний інструмент для проведення контролю хрестовини відповідно до технічних вимог; заміряти фактичні розміри хрестовин та провести огляд; проаналізувати отримані результати та зробити висновки про подальше використання деталей.

Хрестовини кардана виготовляються із легованих сталей 20Х, 20ХГНТР, 18ХГТ або аналогічних за властивостями 1.1151, 1020 [2, 3, 8] таблиця 2.1. Піддаються цементації, загартуванню та відпуску на твердість. У хрестовинах кардана піддаються зносу шипи хрестовини і пошкоджується різьблення під маслянку.

Таблиця 2.1 – Технічні вимоги на дефектацію і ремонт хрестовин карданного валу

				Деталь: Хрестовини карданних валів					
				Твердість для всіх хрестовин знаходиться в межах: HRC 58-65					
№деталі за	Марка автомобіля	Матеріал деталі	Позначення на	Назва дефекту	Спосіб установки дефекту і вимірювальні	Розміри, мм			Рекомендований спосіб відновлення
						Номінальний	Допустимий без ремонту	Допустимий для ремонту	
51-2201030А	ГАЗ-51	Сталь 20Х	1	Вм'ятини від іголчатих роликів на поверхні шипів	Огляд	-	-	-	Ремонтувати. Вібродугова наплавка
469-2201030 Б	УАЗ	Сталь 20Х	1	Вм'ятини від іголчатих роликів на поверхні шипів	Огляд	-	-	-	Ремонтувати. Роздавати
150В-2201030	ЗІЛ	20ХГНТР	1	Вм'ятини від іголчатих роликів на поверхні шипів	Огляд	-	-	-	Бракувати.
400-2201025	МАЗ	Сталь 18ХГТ	1	Вм'ятини від іголчатих роликів на поверхні шипів	Огляд	-	-	-	Ремонтувати. Вібродугова наплавка

Продовження таблиці 2.1

5320-3422039	КамАЗ	Сталь 20Х	1	Вм'ятини від іголчатих роликів на поверхні шипів	Огляд	-	-	-	Ремонтувати. Хромувати.
51-2201030А	ГАЗ-51	Сталь 20Х	2	Знос шипів	Скоба 21,97 мм або мікрометр 0-25 мм	22 _{-0,014}	21,97	Менше 21,97	Ремонтувати. Вібро-дугова наплавка
150В-2201030	ЗІЛ	20ХГНТР	2	Знос шипів	Скоба 24,95 мм або мікрометр 0-25 мм	25 _{-0,02-0,04}	24,95	-	Бракувати при розмірі менше 24,95 мм
400-2201025	МАЗ	Сталь 18ХГТ	2	Знос шипів	Скоба 33,62мм або мікрометр 25-50 мм	33,65 _{-0,03-0,01}	33,62	Менше 33,62	Ремонтувати. Вібро-дугова наплавка
5320-3422039	КамАЗ	Сталь 20Х	2	Знос шипів	Скоба 33,60мм або мікрометр 25-50 мм	33,62	33,60	Менше 33,60	Ремонтувати. Хромувати.
469-2201030 Б	УАЗ	Сталь 20Х	2	Знос шипів	Скоба 8111 01627 Д ОСТ 70.0001 024-80	16,3 _{0 h7 (-0,011)}	16,27	Менше 16,27	Ремонтувати. Роздавати

Продовження таблиці 2.1

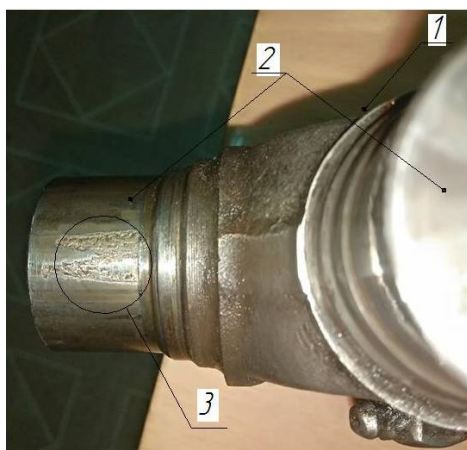
51-2201030А	ГАЗ-51	Сталь 20Х	3	Знос торців протилежних шипів	Скоба 89,84 мм або мікрометр р 75-100 мм	$90_{-0,110}^{-0,070}$	89,84	—	Бракувати при розмірі менше 89,84 мм	
150В-2201030	ЗІЛ	20ХГНТР	3	Знос торців протилежних шипів	Скоба 107,87 мм або мікрометр р 100-150 мм	$108_{-0,075}^{-0,040}$	107,87	-	Бракувати при розмірі менше 107,87 мм	
469-2201030 Б	УАЗ	Сталь 20Х	3	Зношення Торців	Скоба	80(-0.04)	79.90	-	Ремонтувати (роздавати)	
400-2201025	МАЗ	Сталь 18ХГТ	3	Знос торців протилежних шипів	Скоба 127,05 мм або мікрометр р 100-150 мм		126,91	Більше 127,05	Бракувати.	
51-469-2201030 Б	ГАЗ-51	Сталь	4	Різьби: М6*1 – кл.2						
469-2201030 Б	УАЗ	Сталь 20Х	4	Спрацювання різьби М6 х 1 конічна	Пробка різьбова ГОСТ 2016-71				Ремонтувати (заварити)	
51-	ГАЗ-51	Сталь 20Х	5*	К1/3", ГОСТ 6111 – 52						

Закінчення таблиці 2.1

150В-	ЗІЛ	20ХГНТР	5 [*]	К1/3", ГОСТ 6111 – 52						
-------	-----	---------	----------------	-----------------------------	--	--	--	--	--	--

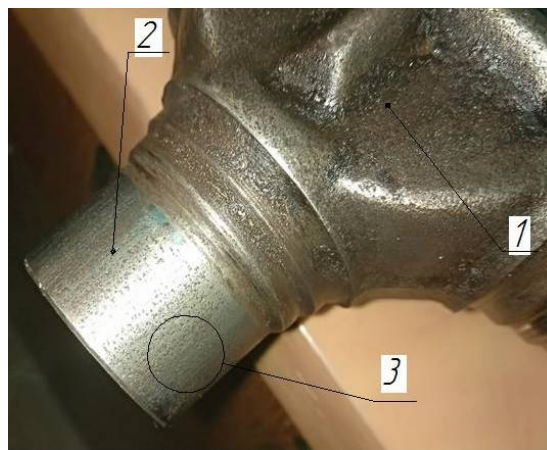
*-дефект 5 відновлення пошкодженої різьби під маслянку проводиться заваркою з наступною обробкою .

На фотографії рисунки 3.1 зображено хрестовину карданного валу автобуса МАН з характерними дефектами.



1 – хрестовина, 2 – шип хрестовини,
3 – вм'ятини від голчастих
підшипників, 4 – зношена поверхня
(каверна).

а)



1 – хрестовина, 2 – шип хрестовини,
3 – множинні каверни

б)

Рисунок 3.1 – Шип хрестовини з характерними дефектами

Аналіз геометричних параметрів зношених шипів показав, що ми маємо справу з досить малими величинами допустимого зносу.

Для відновлення розмірних параметрів при такому зносі більш ніж придатним є метод електроіскрового наросування і зміцнення (легування).

4. Аналіз методів відновлення шипів хрестовин та вибір оптимального

Відновлення деталей має економічну доцільність. Вартість відновлення деталей в 2-3 рази нижче вартості їх виготовлення [8 – 13]. Це пояснюється тим, що при відновленні деталей значно скорочуються витрати матеріалів, електроенергії та трудових ресурсів.

Відновлення зношених шипів хрестовин кардану згідно рекомендацій [2, 3, 8 – 10] (проводиться напресуванням втулок, роздаванням збільшення діаметру шипа), допускається хромування шипів і вібродугова наплавка.

Зварювання та наплавлення - найпоширеніші способи відновлення деталей. Зварювання застосовують при усуненні механічних пошкоджень деталей (тріщин, пробоїн і т.п.), а наплавку – для нанесення покриттів з метою компенсації зносу робочих поверхонь. Серед механізованих способів наплавлення найбільше застосування знайшло автоматичне дугове наплавлення під флюсом і в середовищі захисних газів та вібродугове наплавлення. В даний час при відновленні деталей застосовують такі перспективні способи зварювання, як лазерна і плазмова .

Способами зварювання і наплавлення відновлюють близько 40 % деталей. Широке застосування зварювання і наплавлення обумовлено простотою технологічного процесу і використовуваного обладнання, можливістю відновлення деталей з більшості застосовуваних в автомобілебудуванні металів і сплавів, що відзначається високою продуктивністю і низькою собівартістю .

При відновленні деталей знаходять застосування наступні види і способи зварювання й наплавлення [9 – 12]: ручна дугова зварка; газове зварювання;

напівавтоматичне зварювання в середовищі вуглекислого газу; напівавтоматичне зварювання дротом ПАНЧ -11; напівавтоматичне зварювання порошковим дротом ; вібродугове наплавлення ; автоматична наплавлення під шаром флюсу; електроконтактне зварювання.

Принципова схема установки [10] для автоматичного наплавлення деталей показана на (рисунок 4.1). Складається з джерела струму, наплавляючої головки і електророзподільного пристрою, включає регульований

індуктивний опір, автотрансформатор для регулювання величини амплітуди коливання дроту, прилад для зміни швидкості подачі дроту, прилад для зміни струму.

Для наплавлення циліндричних поверхонь деталей встановлюють у патрон або в центр токарного верстату, а наплавляючу головку – на поперечні санчата супорта верстата. Електродний дріт подається до місця наплавки за допомогою подаючого механізму через віброуючий мундштук головки. При кожному коливанні мундштука дріт доторкається поверхні деталі, під струмом розплавлюється і при відході мундштука залишає на деталі частину металу. Чергування таких циклів утворює на поверхні деталі шар наплавленого металу.

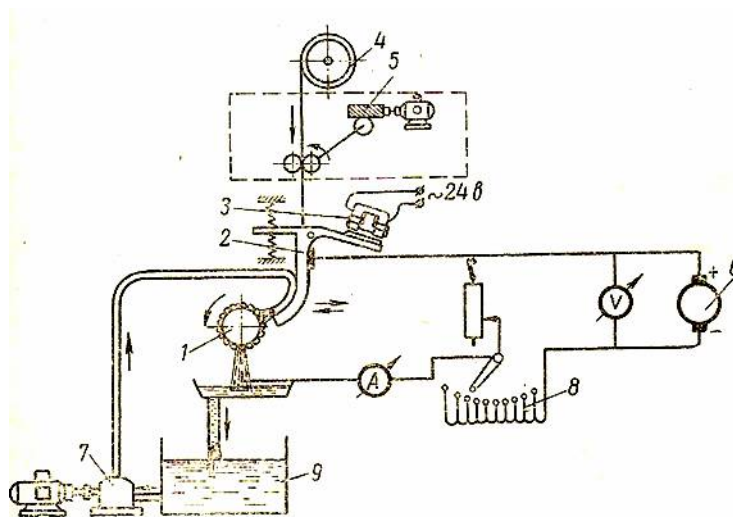


Рисунок 4.1 – Схема установки для вібродугової наплавлення.

1-деталь, 2-наплавляюча головка, 3-електромагнітний вібратор, 4 – барабан для електродного дроту, 5 – механізм подачі електродного дроту, 6 – джерело струму, 7 – насос з двигуном для подачі охолоджуючої рідини, 8 – індуктивний опір, 9 – бак для рідини

У зону наплавлення по трубопроводу безперервної струменем подається рідина. З деталі рідина стікає в піддон верстата, звідки потрапляє в бак - відстійник і далі насосом по трубопроводах знову подається до деталі.

Вібродуговим способом можуть наплавляти циліндричні поверхні діаметром від 15 мм і вище; поверхні зношених отворів; рухомих і нерухомих з'єднань; поверхні під обойми кулькових і роликових підшипників; шийки

валів, що працюють в підшипниках ковзання, які не відчують ударного навантаження; шийки в місцях пресових посадок. Сила струму наплавлення визначається діаметром електродного дроту і швидкістю її подачі при наплавленні. При встановленому режимі під час імпульсного розряду вона також залежить від частоти вібрації електрода, опору в ланцюзі і напруги на електродах. Струм для наплавлення можна визначати за величиною його щільності, яка приймається рівною $60 \dots 75 \text{ А/мм}^2$. При прискореній подачі електродного дроту необхідно підвищувати щільність струму.

Напруга на електродах має бути в межах $5 \dots 30 \text{ В}$. Зменшення напруги зазвичай знижує стійкість процесу наплавлення. При наплавленні метал шаром до 1 мм застосовують напругу $12 \dots 15 \text{ В}$, більше 1 мм - $15 \dots 20 \text{ В}$.

Інші способи і види зварювання і наплавлення при відновленні автомобільних деталей застосовуються рідко.

Для автомобілів хрестовини виготовляють ГАЗ-51з сталей 20Х ГОСТ 4543-71, МАЗ з сталей 18ХГТ, ЗІЛ з 20ХГНТР (таблиця 2.1), для відновлення шипів даних хрестовин використовують вібродугову наплавку.

Вібродугова наплавка в даний час – один з найбільш поширених способів відновлення зношених деталей має ряд істотних переваг перед іншими способами відновлення деталей. У процесі вібродугового наплавлення деталь нагрівається незначно, тому деформації відновлених деталей малі і правити їх після наплавлення зазвичай не потрібно. Завдяки малому нагріванню не порушується термічна обробка. Інша важлива перевага вібродугової наплавки полягає в тому, що відновлені цим методом деталі не потребують подальшої термічної обробки, так як безпосередньо в процесі наплавлення під дією охолоджуючої рідини відбувається загартування наплавленого шару, твердість якого може доходити до $60\text{-}62 \text{ HRC}$. Товщину шару при вібродуговій наплавці можна регулювати в межах $0,3 \dots 2,5 \text{ мм}$ на сторону. Зміна кількості охолоджувальної рідини і умови її подачі на деталь дозволяє в широких межах регулювати твердість шару, наплавленого одним і тим же матеріалом.

Найбільш широке застосування отримала вібродугова наплавлення в середовищі охолоджуючої рідини [10].

Найбільший недолік наплавки в середовищі охолоджуючої рідини є часткова втрата втомної міцності відновлюваної деталі [10].

Гальванічна і хімічна обробка засновані на осадженні металу на поверхні деталей з розчинів солей гальванічним або хімічним методом [9-12] . У ремонтній практиці найбільш широко застосовують: електролітичне хромування, настальювання, електронатирання .

Хромування, залізнення, хімічне нікелювання найбільш часто застосовують для компенсації зносу деталей. Нанесення на поверхні деталей захисних покриттів здійснюють за допомогою гальванічних процесів (хромування, нікелювання, цинкування, міднення), а також хімічних (оксидування і фосфатування) .

Для відновлення використовують анодно струминне хромування [9-12]. Воно застосовується для місцевого хромування зовнішніх поверхонь деталі. Цей спосіб дозволяє отримувати покриття без занурення деталі в ванну і особливо ефективний для велико габаритних деталей.

Електроліт (рисунок 4.2) подається на хромуючу поверхню струменем через прорізи спеціальної насадки, що є одночасно анодом. З метою отримання рівномірного покриття деталь повинна обертатись. Струменевий спосіб дозволяє проводити електроосадження хрому при більш високих густинах струму, чим при звичайному хромуванні.

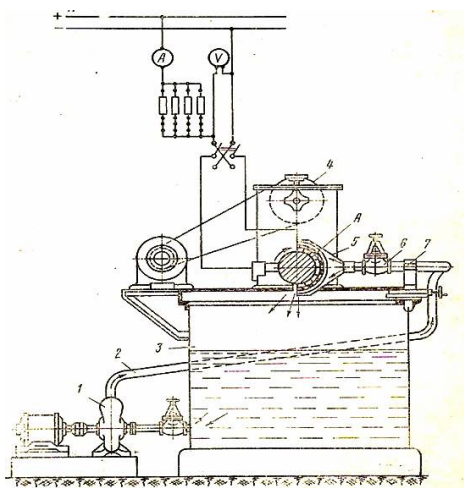


Рисунок 4.2 – Схема установки для анодно струминного хромування

1 – насос; 2 – свинцевий трубопровід; 3 – ванна; 4 – варіатор; 5 – насадка анод; 6 – крана; 7 – пристрій для переміщення насадки; А – хромуюча деталь

Для автомобілів КамАЗ [15], хрестовини виготовляють з сталей 18ХГТ для відновлення шипів даних хрестовин використовують хромування.

Для відновлення використовують пористе хромування [10]. Гладке хромове покриття погано змащується мастилами і погано припрацьовується. Масляна плівка тримається на хромованій поверхні неміцно, легко розривається під дією навантажень (особливо при великих температурах), в результаті чого на такій поверхні виникає сухе або напів сухе тертя і велике спрацювання. Тому невдалими були спроби застосувати гладке хромування для підвищення зносостійкості циліндрів, поршневих кілець, поршневих пальців та ін., працюючих в умовах граничного або недостатнього змащення.

Недоліки гладкого хромування усувають при пористім хромуванні. В цьому випадку на хромованій поверхні штучно роблять пори, виїмки або канавки, які слугують запасними резервуарами мастила на робочій поверхні деталі, в результаті чого, час служби значно підвищується.

Пористе покриття отримують різними способами: механічним або хімічним. Механічний спосіб полягає в нанесенні заглиблень або пор на поверхню деталі перед хромуванням або з застосуванням піскоструменевою обробкою. Шар хрому, осідаючи на підготовлену поверхню, копіює всі її нерівності. Хімічним способом пористість отримують травленням його в соляній кислоті.

Слюсарно-механічна обробка застосовується як самостійний спосіб ремонту деталей, а також при обробці деталей під ремонтні розміри і при постановці додаткових ремонтних деталей. Обробкою деталей під ремонтний розмір відновлюють геометричну форму їх робочих поверхонь, а установкою додаткової ремонтної деталі забезпечують відповідність розмірів деталі розмірами нової деталі. Крім того, слюсарно-механічна обробка є необхідною в ряді випадків при ремонті деталей іншими способами.

Відновлення деталей пластичною деформацією засноване на використанні властивостей металів змінювати під тиском зовнішніх сил геометричну форму і розміри без руйнування. Залежно від конструкції деталей застосовують такі види пластичної деформації: обтиснення, накатку, осадку, витяжку та ін..

Відновлення деталей додатковими ремонтними деталями [14].

Цей спосіб відновлення базується на використанні раніше виготовлених додаткових ремонтних деталей, які установлюються прямо на зношену поверхню або якими повністю замінюють зношену частину деталі. В першому випадку додаткові деталі мають форму гільзи, кільця втулки, диска, пластини і різьбової втулки, а в другому випадку – мають форму видаленої частини деталі.

При виборі матеріалу для виготовлення додаткової ремонтної деталі враховують умови роботи відновлюваної деталі. Якщо основна деталь працює при високих температурах, то матеріал додаткової деталі повинен відповідати матеріалу основної деталі, так як при різних матеріалах і коефіцієнтах лінійного розширення можливе порушення потрібної посадки з'єднань.

Мінімальну товщину додаткової деталі, знаходять розрахунком, набагато перевищуючим величину зносу відновлювальної деталі. Тому для її встановлення необхідно з зношеної поверхні деталі зняти необхідний шар металу.

З'єднання додаткових деталей, які мають форму гільзи, кільця або втулки з основною деталлю здійснюється шляхом напресування з відповідним натягом. Для цього рекомендується використовувати 1-шу або 2-гу пресову посадку 3-го класу точності. Для надійності з'єднання додаткової деталі з основною деталлю в стику на торці висвердлюють отвори і встановлюють в них штифти або різьбові штопори. В тих же цілях використовують приварювання допоміжної деталі в одній-трьох точках або в кругову по торці в залежності від розміру додаткової деталі по діаметрі і від потрібної щільності з'єднання деталей. Для цього застосовують ручну електродугу зварку.

Додаткову деталь під потрібний розмір можна обробити до постановки на основну деталь або після з'єднання з основною деталлю. При підвищених вимогах до точності взаємно зв'язаних розмірів деталі переважно обробка додаткової деталі після її з'єднання з основною деталлю.

Якщо необхідна термічна обробка додаткової ремонтної деталі, то її виконують до постановки на деталь. Винятком є гартування струмами великої частоти. В цьому випадку краще гартування з наступним відпуском проводити після постановки на основну деталь.

Кожен з даних методів має свої переваги та недоліки.

Так наплавка спричиняє нагрів хрестовини по всьому об'єму, що, в свою чергу, може спричинити негативні зміни структури матеріалу деталі. Крім того після наплавки необхідно проводити додаткову механічну та термічну обробку. Це призводить до здорожчання процесу відновлення.

Недоліком хромування є те, що необхідно здійснювати попередню механічну або хімічну обробку поверхні деталей, з метою отримання пористої поверхні, оскільки гладка хромована поверхня погано утримує змазку, що негативно відбивається на експлуатаційних властивостях деталей, які працюють в умовах граничного тертя.

Відновлення розмірних параметрів шипа хрестовини постановкою ремонтної втулки також не є зовсім доцільним, оскільки вимагає наявності відповідних матеріалів та технологічного обладнання для здійснення даної операції, а також наступної механічної та термічної обробки.

Отже, пошук технології ефективного відновлення і зміцнення робочих поверхонь шипів хрестовини карданного валу залишається актуальним завданням.

5. Електроіскрове нарощення і зміцнення металів

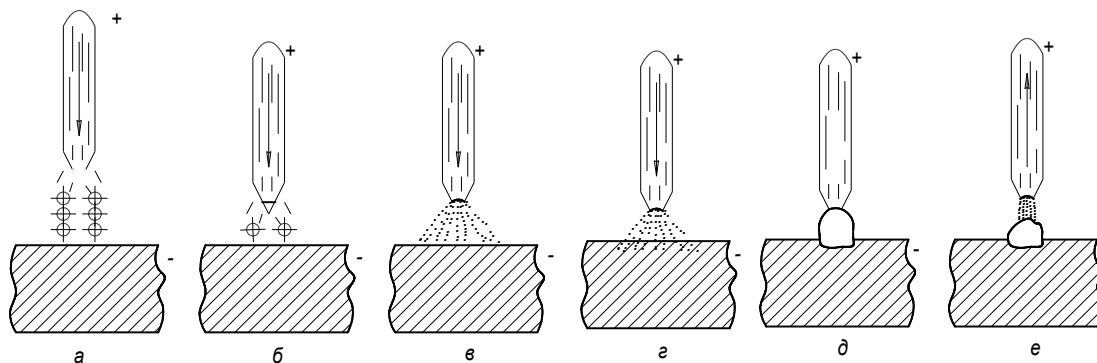
Власне, електроіскрове легування (наплавлення) полягає у зміцненні поверхні під дією іскрового розряду [4 – 7]. Іскровий розряд виникає між двома електродами, до яких підводиться постійний струм ($10 \div 200$ В) при силі

струму від 0,2 до 150 А. При цьому з поверхні катода (деталі) при досягненні енергії, еквівалентної роботі виходу, починають вилітати електрони.

Таким чином, поверхня анода руйнується (електрична ерозія), а на поверхні катода утворюється покриття. Оскільки іони летять в атмосфері повітря, то утворюються нітриди та оксиди. При цьому, зміцнений шар комплексно легується іонами матеріалу анода, азотом та киснем. Як відомо, при іскровому розряді виникають локальні температурні спалахи, у зміцненому шарі можуть також утворюватися структури загартовування.

Іскровий розряд горить, звичайно, не безперервно, а циклічно. Утворення іскри відбувається з великою швидкістю ($1/100 \div 1/10000000$ с) і час її горіння мінімальний.

Перенесення металу відбувається наступним чином. У момент проходження імпульсу струму електрони удараються об поверхню анода, розігрівають її до високих температур ($10000 \dots 15000$ °C) і відділяють дрібні частинки розплавленого металу, які осідають на катоді (деталі). Механізм переносу металу з аноду на катод під дією імпульсів електричного струму показано на рисунку 5.1.



а – момент пробою між електродного проміжку; б – віддалення від аноду краплі розплавленого металу; в – вибух розплавленої краплі; г – осадження і проникнення матеріалу аноду на катоді; д – момент контакту електродів; е – розходження електродів.

Рисунок 5.1 – Схема процесу переносу металу з аноду на катод при електроіскровому зміцненні і наросуванні.

6. Розробка технології електроіскрового легування шипів хрестовин

6.1 Загальні положення

Головним завданням при розробці технології електроіскрового легування штоків насосів є підбір оптимальних режимів обробки, матеріалу електродів, які б забезпечували оптимальні параметри оброблюваної поверхні (твердість, шорсткість), при умові мінімальних економічних витрат, а також дозволяли б проводити електроіскрову обробку з максимальною продуктивністю та простотою в експлуатації. Важливим параметром, який необхідно досягнути в процесі розробки технології, є можливість отримувати якісний і водночас максимальний за товщиною шар нанесеного матеріалу, з метою використання для завершальної обробки та відновлення геометричних параметрів зношених штоків.

Перш за все, необхідно вибрати оптимальний час обробки. Для електрода (катод) він складає 1 – 3 хв [20]. Час дії електроіскрового розряду на одиницю площі аноду значно більша і складає 10 – 15 хв. В деяких випадках обробку можна здійснювати до повного зношування аноду, без зачистки робочої поверхні. Дані про характер ерозії в процесі електроіскрового нарощування і зміцнення поверхонь в різних джерелах протирічні. Так автор [20] стверджує, що залежність ерозії від часу обробки носить лінійний характер. Інші автори [20] навпаки доводять, що після покриття поверхні катода матеріалом анода процес ерозії останнього припиняється через те, що обидві поверхні матимуть однакову роботу виходу електронів.

Для одержання якісних поверхневих шарів, які б володіли високим рівнем суцільності, товщиною і низькою шорсткістю, необхідно вибирати оптимальні технологічні прийоми, режими обробки, міжелектродне середовище і матеріал легуючих електродів. В роботі [20] встановлені основні закономірності процесу формування нанесеного шару.

- зростання маси катода відбувається нелінійно, кожному заданому електричному режиму відповідає максимальна товщина шару;
- з метою отримання найменшої шорсткості нанесеного шару необхідно зменшувати енергію одиничного імпульсу, збільшуючи при цьому їх частоту;
- максимальної товщини нанесеного даним способом шару матеріалу можна добитися в інертному середовищі, оскільки тут затруднене утворення

окисних плівок, а відповідно довше зберігається необхідний контакт частинок, які переносяться з поверхнею катода;

- найбільші по товщині і суцільності шари утворюються при застосуванні середніх по енергії імпульсів (до 1 кДж);

- найбільша суцільність покриття отримується при обробці поверхонь з найменшою шорсткістю. Це пояснюється тим, що при обробці матеріал анода осаджується на вершинах мікронерівностей і не заповнює впадини.

Швидкість формування шару і його властивості залежать від потужності електроіскрового розряду, питомої тривалості електроіскрового зміцнення (тривалість електроіскрового зміцнення одиниці поверхні, с/мм^2) і швидкості переміщення електрода відносно поверхні [20]. Із збільшенням потужності розряду товщина зміцненого шару t зростає, але його мікротвердість HV при цьому знижується (рис. 6.1). Збільшення товщини шару t зі зростанням потужності розряду P пояснюється збільшенням масоперенесення. Тоді як зменшення HV зумовлене локальним перегріванням поверхні. При цьому зростає дифузійна рухливість елементів легування, зменшується їх концентрація на поверхні, і відбувається відпуск зміцненого шару [20].

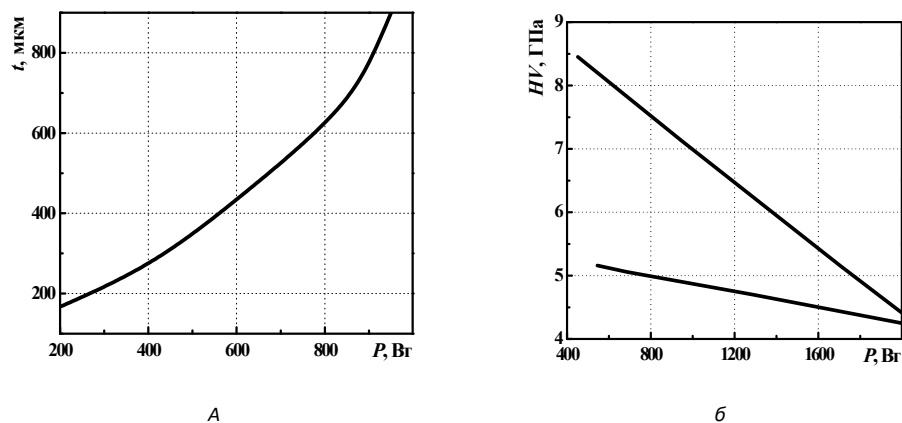
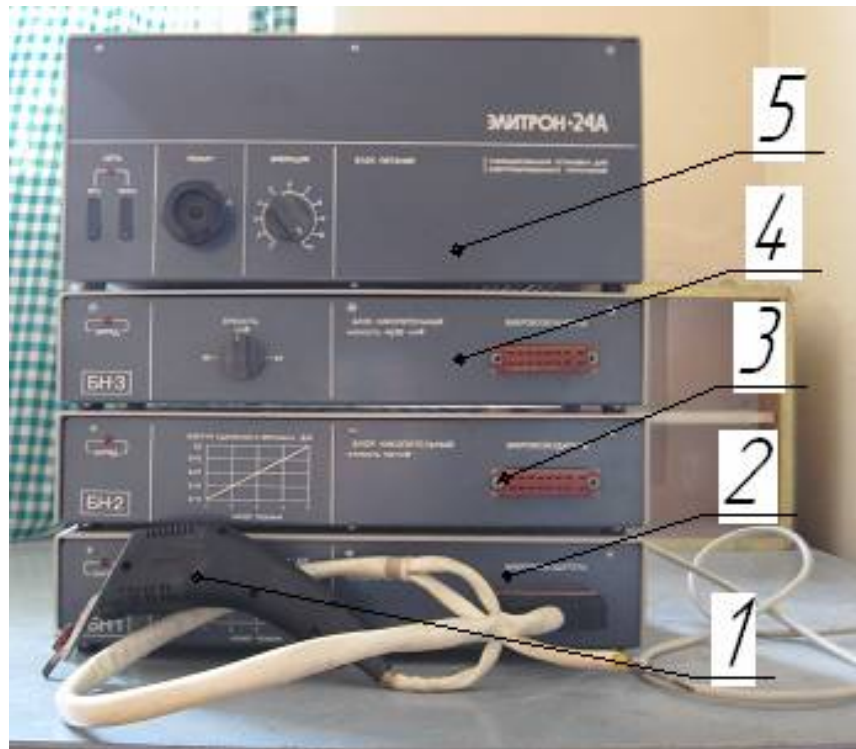


Рисунок 6.1 – Вплив потужності електроіскрового розряду P під час легування поверхні хромом на товщину t (а) і мікротвердість HV (б) зміцненого шару на сталі 45 за питомої тривалості зміцнення 1 (1) і 6 (2) с/мм^2 .

6.2 Установка для електроіскрового легування

Для здійснення електроіскрового нарощування і зміцнення штоків насосів

використовувалась установка «Элитрон – 24А» [4]. Загальний вигляд устаткування подано на рисунку 3.1. Принципова схема електроіскрової установки «Элитрон – 24А» показана на рисунку



6.2.

Рисунок 6.2 – Загальний вигляд устаткування «Элитрон – 24А»:
1 – збудник вібрації, 2-4 – накопичувальні блоки, 5 – блок живлення.

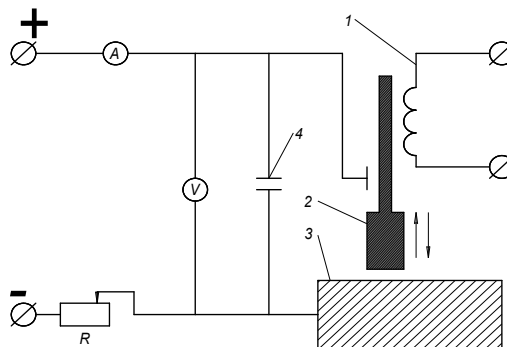


Рисунок 6.3 – Принципова схема електроіскрової установки “Элитрон - 24А” :

1 – вібратор; 2 – електрод (анод); 3 – деталь (катод);
4 – конденсаторна батарея.

Установка (рисунок 6.2) складається з віброзбуджувача 1, блоків накопичення 2-4 та блока живлення 5. З метою реалізації широкого набору режимів електроіскрової обробки передбачені три виконання установки в

залежності від блока нагромадження, що застосовується. Живлення установки здійснюється від мережі змінного струму напругою (220 ± 22) В при частоті 50 Гц, при цьому споживана потужність при номінальній напрузі в мережі, не більше 0,6 кВт. Кількість режимів - 5, продуктивність установки $5 \text{ мм}^2/\text{с}$ [4]. Характеристика режимів обробки наведена в таблиці 6.1

Таблиця 6.1 – Характеристика режимів обробки

Назва блоку накопичувального	Ємкість накопичувача, мкФ	Назва параметру	Номер режиму				
			1	2	3	4	5
БН1	300±30	Амплітуда імпульсів напруги, В	40±9	48±10	59±12	71±15	86±18
		Частота вібрації електроду інструменту, Гц	220±44	166±33	150±30	125±25	110±22
		Енергія одиничного імпульсу, Дж	0,24	0,34	0,52	0,75	1,1
БН2	150±15	Амплітуда імпульсів напруги, В	42±9	51±11	63±13	75±16	90±20
		Частота вібрації електроду інструменту, Гц	390±70	390±70	300±60	250±50	200±40
		Енергія одиничного імпульсу, Дж	0,13	0,19	0,27	0,42	0,6

Закінчення таблиці 6.1

БНЗ	80±8	Амплітуда імпульсів напруги, В	40±9	48±10	60±12	75±15	86±18
		Частота вібрації електроду інструменту, Гц	390±70	390±70	390±70	390±70	390±70
		Енергія одиничного імпульсу, Дж	0,07	0,1	0,14	0,22	0,32
БНЗ	40±4	Амплітуда імпульсів напруги, В	40±9	48±10	60±12	75±15	86±18
		Частота вібрації електроду інструменту, Гц	390±70	390±70	390±70	390±70	390±70
		Енергія одиничного імпульсу, Дж	0,03	0,05	0,07	0,11	0,16

“Элитрон -24А” дозволяє за продуктивності 0,3...10 см²/хв. отримати легований шар товщиною 0,25...2 мм.

Установка оснащена трьома блоками накопичення електричної енергії, що дає змогу реалізовувати різні режими електроіскрового оброблення. В середньому продуктивність утворення на поверхні зміцненого шару становила 5 мм²/с, а його товщина – 50 мкм. Середньоарифметичне відхилення профілю не перевищує 20 мкм, що забезпечує високу якість оброблюваної поверхні (5 – 6 класу). Параметри використаного режиму визначають інтенсивність легування і якість нарощеної поверхні. Підвищенням потужності інтенсифікували кожен окремий розряд і, як наслідок, – перенесення частинок з електроду на поверхню деталі.

Для отримання рівномірного покриття на шипі, його закріплювали в кулачках, а вібратор – на супорті токарно-гвинторізного верстату. Для

забезпечення високої продуктивності нанесення покриття користувалися наступними режимами роботи верстата: частота обертання шпинделя $n = 0,75 \text{ с}^{-1}$, подача $s = 0,455 \text{ мм/об}$ (рисунок. 6.4).



Рисунок 6.4 – Стенд для нанесення електроіскрового покриття

1 – установка для електроіскрового напощення“Элитрон-24А”, 2 – токарно-гвинторізний верстат, 3 – збудник вібрації, 4 – електрод (пластина напощуваного сплаву), 5 – відновлювана хрестовина.

6.3 Вибір матеріалу та технології нанесення шару на поверхню дослідних зразків

На сьогоднішній день недостатньо розроблені рекомендації і систематичні дослідження по оптимальному вибору технологічних режимів, підбору для різних матеріалів відповідних легуючих електродів, достовірних даних з виробничих випробувань зміцнених деталей за тривалий період їх експлуатації.

Метою даної роботи є, крім того і встановлення зв'язку між технологічними параметрами електроіскрової обробки і фізико-механічними властивостями легованої поверхні деталей.

Як зазначалося вище, великий вплив на властивості нанесеного електроіскровим способом шару має сам матеріал електрода.

З метою здешевлення реставрації зношеної поверхні, ми використовували сталевий електрод, виготовлений зі сталі 45.

Обробка здійснювалась з застосуванням блоку БН-2 на третьому режимі (таблиця 6.1).

6.4 Виготовлення шліфів

Після нанесення поверхневого шару зі зміцнених зразків вирізали заготовки і виготовляли з них шліфи згідно [18]. Для травлення структури використали 3%-вий спиртовий розчин HNO_3 . Металографічний аналіз шліфів проводився на оптичному мікроскопі Neofot 21 [19].

Оскільки в процесі електроіскрового легування отримується досить тонкий нанесений шар, то для подальшого його вивчення і металографічного аналізу необхідно виготовляти косий шліф. Було запропоновано конструкцію зразкотримача, який дає можливість отримувати такий шліф, у випадку циліндричної бокової поверхні деталі (рисунок. 6.4).

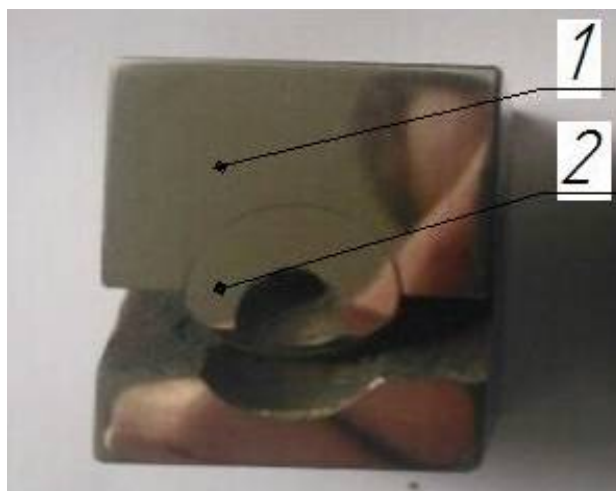
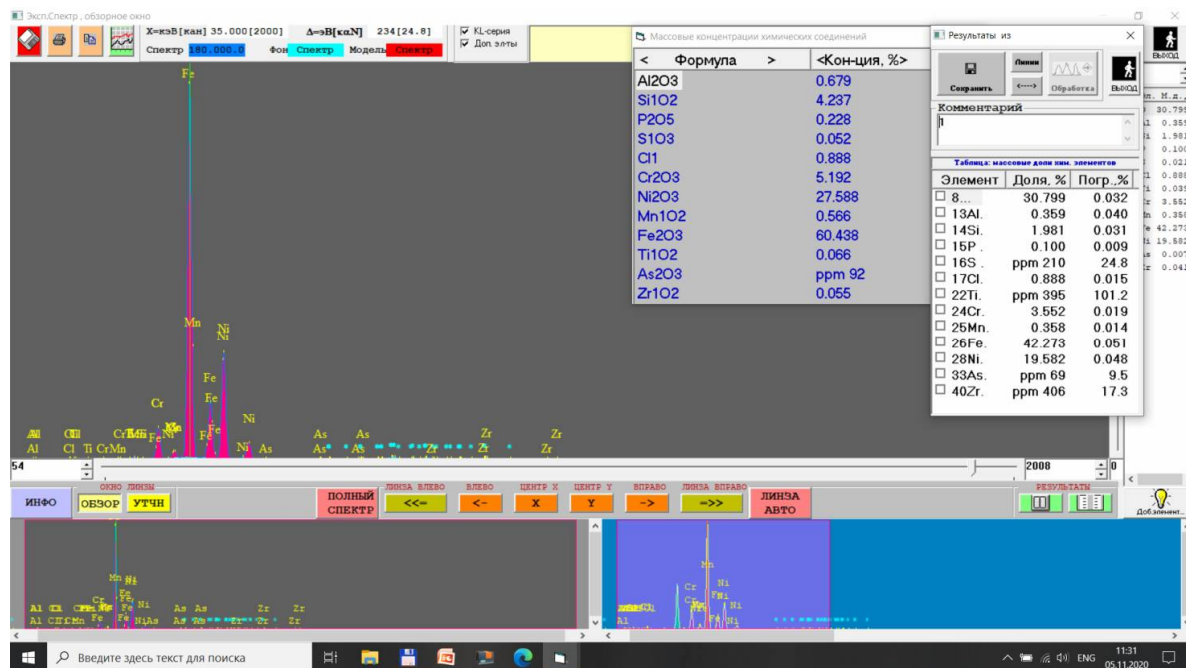


Рисунок 6.4 – Зразкотримач з закріпленням зразка і виготовленим шліфом

1 – зразкотримач, 2 – зразок

Також проводився хроматографічний аналіз нанесеного покриття з застосуванням аналізатора Expert 3L.

6.5 Аналіз металографічних та хроматографічних досліджень відрновлених поверхонь



Риснок 6.5 – Хроматограма нанесеного шару, отримана з застосуванням аналізатора Expert 3L

Аналіз хроматограми (рисунок 6.5) дозволяє зробити висновок про насичення поверхні легування сполуками азоту та вуглецю. Це пояснюється високою локальною температурою в процесі електроіскрової обробки, в результаті чого азот повітря та вуглець, який входив до складу вуглекислого газу в повітрі вступав в реакцію з елементами електрода та оброблюваної поверхні. Фактично проходив процес азотування та карбюризациі поверхневих шарів з подальшим гартуванням.

Таким чином можна прогнозувати високу твердість, абразивну та корозійну стійкість нанесеного покриття.

Вірність нашого припущення підтвердили подальші металографічні дослідження отриманих шліфів (рисунок 6.6).

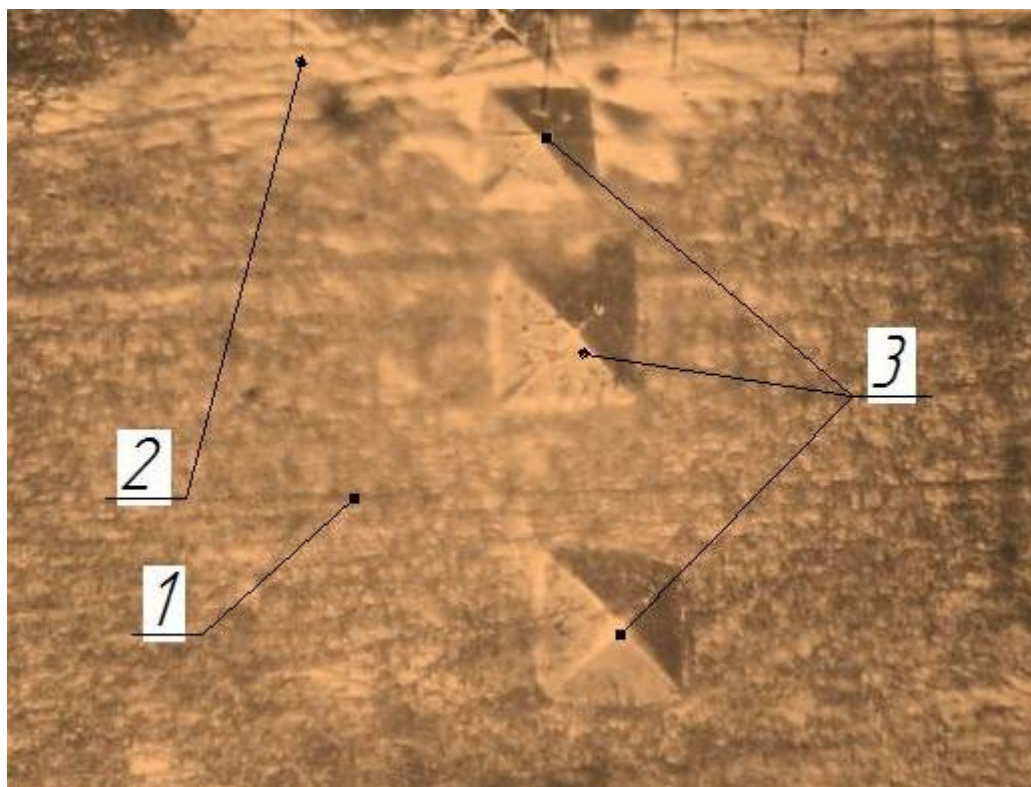


Рисунок 6.6 – Мікроструктура зміцненого поверхневого шару шипа хрестовини зі сталі 20Х, отримана за використання як анод Сталь 45.

1 – основний матеріал, 2 – нарощений шар, 3 – відбитки призми мікротвердоміра ПМТ-3.

Твердість нанесеного шару складає 55...60 HRC₀.

Мікротвердість основного металу (сталі 20Х), безпосередньо, під наплавленим шаром становила 1600...1900 МПа, що характерно для фериту як складової сталей з ферит-перлітною структурою.

Висновки

Використання електроіскрового поверхневого легування деталей, що працюють за умов тертя та абразивно-ерозійного зношування, зокрема хрестовин карданних валів, дає можливість відновити їх роботоздатність та продовжити термін їх експлуатації. Це досягається легуванням поверхневих шарів в полі електричного розряду. При цьому в поверхневих шарах металу утворюються карбіди та нітриди, що істотно підвищують мікротвердість.

Електроіскрове легування дозволяє уникнути таких явищ, як температурні деформації оброблюваної деталі.

Отриманий припуск є мінімальним, але цілком достатнім для викінчувальної механічної обробки, яку можна здійснити на токарному верстаті з застосуванням абразивної шкурки.

Використання в якості електрода дроту зі сталі 45 здешевлює процес і робить його доступним.

Таким чином, дана технологія може бути рекомендована до застосування в умовах авторемонтних майстерень.

Література

1. Будова й експлуатація автомобілів./Кисляков В.Ф., Лушик В.В. Підручник. – К.: Либідь, 1999. - 400 с.
2. Технические условия на капитальный ремонт автомобилей ГАЗ-53А. Министерство автомобильного транспорта и шоссейных дорог РСФСР./ Изд-во «Транспорт», 1968.-456 с.
3. Технические условия на капитальный ремонт автомобилей ЗИЛ-130. Изд-во «Транспорт», Москва 1966 г., -518 с.
4. Установка “Элитрон -24А”: Паспорт. – Кишинев: Академия наук МССР, 1989. – 21с.
5. Petrică Vitureanu, Manuela-Cristina Perju, Dragoș-Cristian Achîței and Carmen Nejneru. Advanced Electro-Spark Deposition Process on Metallic Alloys : 2018 Published: November 5th 2018.-DOI: 10.5772/intechopen.79450. <https://www.intechopen.com/books/advanced-surface-engineering-research/advanced-electro-spark-deposition-process-on-metallic-alloys>
6. Siu Kei Tang. The Process Fundamentals and Parameters of Electro-Spark Deposition.- University of Waterloo: Waterloo, Ontario, Canada, 2009. Pages110. https://uwspace.uwaterloo.ca/bitstream/handle/10012/4628/TANG_SIUKEI.pdf?sequence=1
7. Kryshropa, S.I., Petryna, D.Y., Bogatchuk, I.M., Prun'ko, I.B., Mel'nyk, V.M. Surface Hardening of 40KH Steel by Electric-Spark Alloying . Materials Science. USA.- 1917. Materials Science Volume 53, Issue 3, 1 November 2017, Pages 351-358. <https://www.semanticscholar.org/paper/Surface-Hardening-of-40KH-Steel->

by-Electric-Spark-Kryshtopa-Petryna/f2caa5cdf297a75b85da0ea90ab25e4b21ed98dd

8. Ремонт карданного вала автомобиля ГАЗ [Электронный ресурс]
Режим доступа: <http://bibliofond.ru/view.aspx?id=534623>
9. Ремонт автомобилей./ Клебанов Б.В., Кузьмин В.Г., Маслов Р.И. Изд-во «Транспорт», 1968, г.. 360 с.
10. Технология авторемонтного производства./ Кошкин К.Т. Изд-во «Транспорт», 1969 г., 568 с.
11. Справочник строителя. Восстановление вибродуговой наплавкой. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://kranovchik.ru/vosstanovlenie-vibrodugovoj-naplavkoj/> ;
12. Восстановление деталей электродуговой сваркой и наплавкой. Строй-Техника. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://stroytechnics.ru/article/vosstanovlenie-detalei-elektrodugovoi-svarkoi-i-naplavkoj>.
13. Ремонт автотранспортных засобів./ Канарчук В.Є., Лутченко О.А., Чигринець А.Д.: Підручник/ К.: Вища шк., 1994 – 599 с.
14. Ремонт і обслуговування МАЗ [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://maz-auto.info/krestovina-kardannogo-vala/>
15. Ремонт карданных валов КамАЗ дефекты і способи їх усунення [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://everest-autokam.ru/news/remont-kardannoy-peredachi/>
16. Методы и средства упрочнения деталей нефтяного оборудования./ Спиридонов Н.В. -М.: ВНИИОЭНГ, 1983.-253 с.
17. Реставрація поверхонь шипів хрестовин карданных валів за допомогою електроіскрового напощування./ Богатчук І. М., Прунько І. Б. Вісник НТУ «ХП». Серія: Автомобіле- та тракторобудування. – Х. : НТУ. «ХП», 2015. – № 8 (1117). 36 – 41 С.
18. Черток Б.Е. Лабораторные работы по технологии металлов / Б.Е. Черток. – М.: Машгиз, 1961 – 183 с.
19. Геллер Ю.А. Материаловедение / Геллер. Ю.А, Рахштадт А.Г.. – М.: Металлургия, 1989. – 301 с.
20. Бурумкулов Ф.Х. Электроискровые технологии восстановления и упрочнения деталей машин и инструментов (теория и практика) / Бурумкулов Ф.Х., Лезин П.П., Сенин П.В.; под. ред. Бурумкулова Ф.Х.. – Саранск: Изд-во «Красный октябрь», 2003 – 504с.

Анотація

Розглянуто будову та специфіку експлуатації карданних валів. Зроблено огляд характерних дефектів хрестовин карданних валів.

Запропоновано використовувати для відновлення розмірних параметрів шипів хрестовин електроіскрове легування. Даний процес реставрації не вимагає високої кваліфікації ремонтних робітників, одночасно забезпечуючи високу якість виконаної роботи. Він дозволяє виконувати операції з фінішної обробки деталей на універсальному обладнанні і не вимагає придбання дороговартісного спеціального обладнання. Дозволяє мінімізувати загальний об'єм чистової та викінчувальної механічної обробки.

Проведено металографічні дослідження нанесених покриттів.

В якості електрода пропонується використовувати сталь 45, що значно здешевлює процес реставрації.

Ключові слова: хрестовина, карданний вал, електроіскрове легування, металографічні дослідження.

