

УДК 629.33-585.862:621.789

І. М. БОГАТЧУК, канд. техн. наук, с.н.с., доц., ІФНТУНГ, Івано-Франківськ;
І. Б. ПРУНЬКО, канд. техн. наук, доц., ІФНТУНГ

РЕСТАВРАЦІЯ ПОВЕРХОНЬ ШИПІВ ХРЕСТОВИН КАРДАННИХ ВАЛІВ АВТОМОБІЛІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ЕЛЕКТРОІСКРОВОГО НАРОЩУВАННЯ

Обґрунтовано доцільність використання електроіскрового нарощування для відновлення розмірних параметрів і експлуатаційних властивостей шипів хрестовин карданних валів. Розроблено опрацювання для мікроскопічних досліджень шару, отриманого методом електроіскрового нарощування на циліндричну поверхню. Проведено замірювання твердості отриманого шару і зроблено висновки щодо експлуатаційних властивостей реставрованої поверхні.

Запропоновано спосіб відновлення і зміцнення зношених робочих поверхонь шипів хрестовин карданних валів, придатний для застосування в умовах авторемонтних майстерень підприємств нафтогазового технологічного транспорту.

Ключові слова: хрестовина, карданний вал, обробка, електроіскрове нарощування, відновлення.

Вступ. Підприємства нафтогазового технологічного транспорту експлуатують різноманітну спецтехніку на шасі автомобілів. Характерною для даних підприємств є велика різноманітність використовуваних марок автомобілів, а також різний термін експлуатації зазначених автотранспортних засобів.

Багато автомобілів нафтогазових підприємств нашого регіону були випущені ще в 90-ті роки минулого століття. Деякі моделі уже зняті з виробництва, тому питання забезпечення запасними частинами для ремонту є актуальним. Ремонтні майстерні нафтогазового технологічного транспорту 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.

Необхідно використовувати такі процеси реставрації автомобільних деталей, які б не вимагали високої кваліфікації ремонтних робітників, одночасно забезпечуючи високу якість виконаної роботи.

Аналіз основних досягнень і літератури. Однією з відповідальних деталей є хрестовина карданних валів. Хрестовини карданних валів виготовляють зі сталі 20Х, сталі 20ХГНТР, сталі 18ХГТ та ін.[1]. Їх піддають цементації на глибину 0,7 – 1,9 мм (для різних моделей автомобілів), гартуванню і відпуску до твердості HRC₃ 56 – 65.

Згідно статистичних даних одним з основних дефектів хрестовин є знос шипів [1].

У технічній літературі пропонується наступні способи відновлення розмірних параметрів спрацьованих циліндричних поверхонь шипів хрестовин карданних валів: наплавка, хромуванням, постановка втулки з наступною обробкою під номінальний розмір [1].

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.

Хромування використовують, як правило, для відновлення шипів хрестовин карданного валу автомобілів ЗиЛ, які виготовляються зі сталі 20ХГНТР [2]. Недоліком

даного способу є те, що необхідно здійснювати попередню механічну або хімічну обробку поверхні деталей, з метою отримання пористої поверхі, 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 для умов майстерень нафтогазового технологічного транспорту, 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.

Мета досліджень. Запропонувати спосіб відновлення і зміцнення зношених робочих поверхонь шипів хрестовин карданних валів, придатний для застосування в умовах авторемонтних майстерень підприємств нафтогазового технологічного транспорту.

Матеріали досліджень. Номінальні і ремонтні розміри циліндричних поверхонь шипів хрестовини карданних валів наведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Розміри діаметру шипів хрестовини [1, 2]

№деталі за каталогом	Марка автомобіля	Матеріал деталі	Позначення на ескізі	Назва дефекту	Спосіб установки дефекту і вимірювальні інструменти	Розміри, мм		
						Номінальний	Допустимий без ремонту	Допустимий для ремонту
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
150В-2201030	ЗІЛ	Сталь 20ХГНТР	2	Знос шипів	Скоба 24,95 мм або мікрометр 0-25 мм	$25_{-0,04}^{-0,02}$	24,95	-
400-2201025	МАЗ	Сталь 18ХГТ	2	Знос шипів	Скоба 33,62мм або мікрометр 25-50 мм	$33,65_{-0,015}^{-0,030}$	33,62	Менше 33,62
5320-3422039	КамАЗ	Сталь 20Х	2	Знос шипів	Скоба 33,60мм або мікрометр 25-50 мм	33,62	33,60	Менше 33,60

Ми маємо справу з досить малими величинами допустимого зносу.

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

Опис процесу. Процес електроіскрового нарощування заснований на використанні енергії електричного імпульсного розряду, що проходить між електродами і спричиняє направлену ерозію матеріалу, в основному анода. Ефективність даного процесу визначається співвідношенням об'єму руйнування анода і катода, тобто ерозійною стійкістю матеріалу [3]. За допомогою електроерозії досягаються два ефекти: змінюються розмірні параметри оброблюваних деталей і проходить одночасне легування їх оброблюваних поверхонь.

В процесі електроіскрового нарощування вібруючим електродом іскровий розряд виникає між двома електродами, до яких підводиться постійний струм (10 ÷ 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. Електрони, рухаючись до анода, прискорюються в міжелектродному просторі, іонізують повітря, в результаті зростає кількість іонів і електронів в міжелектродному проміжку і виникає іскровий розряд. При бомбардуванні анода електронами відбувається вибивання іонів анода (матеріалу анода), які рухаючись до катода, осідають на ньому [3, 4, 5].

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 які можуть утворювати структури загартування.

Використовуються електроди, виготовлені з графіту, ферохрому, алюмінію, білого чавуну, твердого сплаву Т15К6 і феробору або ж з інших струмопровідних матеріалів, щоб забезпечити отримання зміцненої поверхні з наперед заданими властивостями.

Використане обладнання. Для відновлення поверхні шипа використали промислове устаткування “Элитрон – 24А” для електроіскрового легування [6] (див. рис. 1).

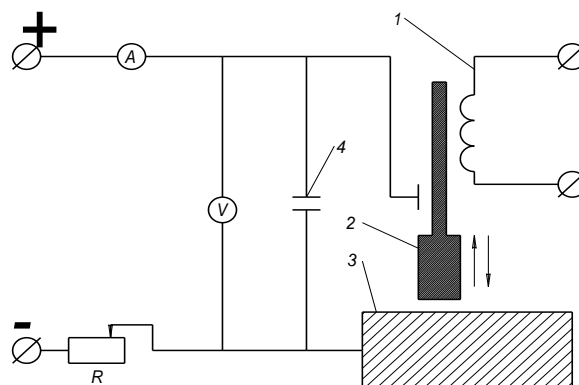


Рисунок 1 – Принципова схема електроіскрової установки “Элитрон -24А”:
 1 – вібратор; 2 – електрод (анод); 3 – деталь (катод);
 4 – конденсаторна батарея.

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 $s = 0,455 \text{ мм/об}$ (див. рис. 2).



Рисунок 2 – Процес нанесення покриття електроіскровим методом на шип хрестовини карданного валу.

За електроди для електроіскрового нарощування і зміцнення шипа, виготовленого зі сталі 45, використали твердосплавні пластинки Т15К6 та ВК8. Поверхню шипа нарощували в 4 проходи з використанням різної потужності розряду.

Перевага даних матеріалів полягає в тому, що вони не тільки дають можливість отримати бажані характеристики оброблених поверхонь, але також відзначаються відносно низькою собівартістю і доступністю. Останній факт є особливо важливим для умов невеликих ремонтних майстерень НГТТ. Так, наприклад, в якості електродів можна використовувати навіть стандартні твердосплавні пластинки, якими оснащуються різці, і які, безумовно, є в наявності в будь-якій механічній майстерні.

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 (див. рис. 3).



Рисунок 3 – Зразкотримач для виготовлення шліфа.

Для травлення структури використали 3%-ний спиртовий розчин HNO_3 згідно [7]. Металографічний аналіз шліфів провели на оптичному мікроскопі Neofot 21. Мікротвердість (за ваги 20 гр) заміряли в 10...15 точках і визначали середнє значення.

Крім того нами замірялася шорсткість поверхонь шипа, оброблених електроіскровим нарощуванням з використанням приладу «Zutronik».

Результати досліджень. Типова структура нарощеного на поверхню шипа шару, отримана за використання як анод твердих сплавів ВК8 та Т15К6, показана на рис. 3. Товщина нарощеного шару на поверхні штока (світла смужка на рис. 2) становила 300 мкм. Цей шар практично не підлягає травленню, що свідчить про значну концентрацію в ньому елементів легування.

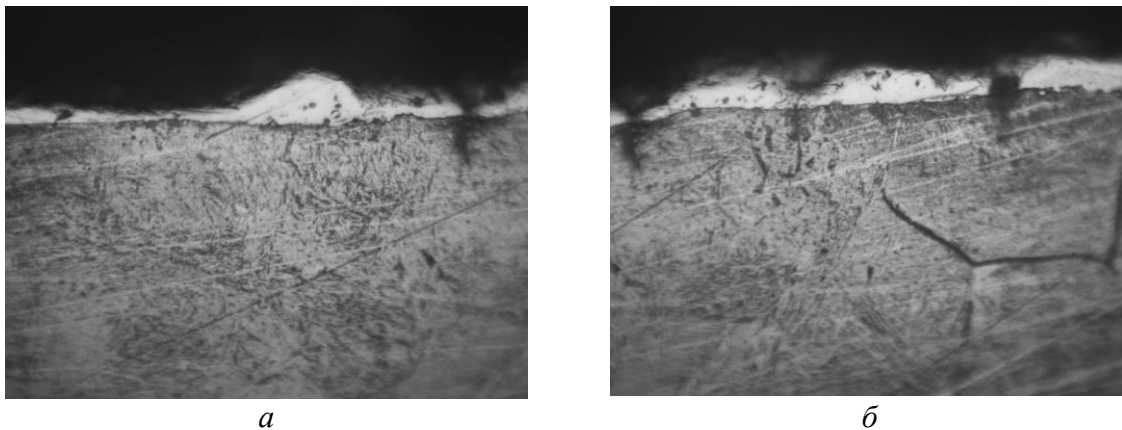


Рисунок 2 – Типові мікроструктури зміцненого поверхневого шару шипа зі сталі 45, отримані за використання як анод твердих сплавів *a* – ВК8; *б* – Т15К6.

Мікротвердість отриманого шару становила близько 10 ГПа.

Мікротвердість основного металу (сталь 20Х) безпосередньо під наплавленим шаром становила 1600...1900 МПа, що характерно для фериту як складової сталей з ферит-перлітною структурою [8].

Середньоарифметичне відхилення профілю не перевищувало 20 мкм, що забезпечило високу якість оброблюваної поверхні (5 – 6 клас) [9, 10].

Висновки. На основі проведених досліджень структури нарощених шарів, отриманих за використання різних режимів електроіскрового оброблення, виявлено, що за використання електродів Т15К6 та ВК8 максимальна товщина шарів становила 300 мкм, їх мікротвердість близько 10 ГПа, одержали їх за енергії одиничного імпульсу 0,42 та 0,75 Дж та частоти вібрації інструменту 250 ± 50 та 125 ± 25 Гц відповідно. Саме ці режими обробки є найбільш оптимальними для відновлення зношених робочих поверхонь шипів хрестовин карданних валів.

Оскільки електроіскрова обробка не спричиняє нагріву значних об'ємів металу основної деталі, тому не виникають її деформації та зміна структури основного металу.

Наявність мікропор на зовнішній поверхні обробленої деталі сприяє кращому утриманню мастила, а відповідно покращує трибологічні властивості поверхні.

Враховуючи також простоту використаного для електроіскрової обробки обладнання, цей спосіб реставрації може бути рекомендований для застосування в авторемонтних майстернях.

Список літератури: 1. *Канарчук В. Є.* Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів: [підручник]: [у 3 кн.] / *В. Є. Канарчук, О. А. Лудченко, А. Д. Чигиринець.* – К.: Вища шк., 1994. – Кн. 3: Ремонт автотранспортних засобів. – 1994 – 599 с. 2. Автомобили ЗИЛ. Техническое обслуживание и ремонт ЗИЛ-157К, ЗИЛ-130, ЗИЛ-131. Часть 1. [*Зарубин А.Г., Зубарев А.А., Семенов П.Л., Хмелин Б.Ф.*]. – М.: Транспорт, – 1971. – 367 с. 3. *Лазаренко Б.Р., Лазаренко Н.И.* Современный уровень развития электроискровой обработки металлов / *Б.Р. Лазаренко, Н.И. Лазаренко* // Электроискровая обработка металлов. – 1957. – № 1. – С. 9 – 37. 4. *Лазаренко Н.И.* Электроискровое легирование металлических поверхностей / *Н.И. Лазаренко, Б.Р. Лазаренко* // Электроискровая обработка металлов. – 1977. – № 3. – С. 12 – 16. 5. Размерная электрическая обработка металлов / [*Артамонов Б.А., Вишиницкий А.Л., Волков В.С., Глазков А.В.*]. – М.: Высшая школа, 1978. – 559 с. 6. Установка “Элитрон - 24А”: Паспорт. – Кишинев: Академия наук МССР, 1989. – 21с. 7. *Черток Б.Е.* Лабораторные работы по технологии металлов / *Б.Е. Черток.* – М.: Машгиз, 1961 – 183 с. 8. *Полевой С.Н.* Упрочнение металлов: [справочник] / *С.Н. Полевой, В.Д. Евдокимов* – М.: Машиностроение, 1986. – 320 с. 9. *І. Прунько* Відновлення зношених поверхонь штоків нафтопромислових насосів електроіскровим нарощуванням і зміцненням / *Прунько І., Богатчук Ю., Марков А.* // Механіка руйнування матеріалів і міцність конструкцій / [Під заг. ред. В.В. Панасюка]. – Львів: Фізико-механічний інститут ім. Г.В.Карпенка НАН України, 2009. – С.569 – 574. 10. *І.Б. Прунько* Структура і залишкові напруження в поверхневому шарі сталі 45 після електроіскрового оброблення електродами зі сплавів Т15К6 та ВК8 / *І.Б. Прунько, Ю.І. Богатчук, М.М. Студент* // Наукові нотатки. – Луцьк: Луцький національний технічний університет, 2009. – С.255 – 260.

Bibliography (transliterated): 1. *Kanarchuk V. Ye.* Osnovy` texnichnogo obslugovuvannya i remontu avtomobiliv: [pidruchny`k]: [u 3 kn.] / *V. Ye. Kanarchuk, O. A. Ludchenko, A. D. Chy`gy`ry`necz`.* – Kyiv.: Vy`shha shk., 1994. – Kn. 3: Remont avtotransportny`x zasobiv. – 1994 – 599 p. 2. Avtomoby`ly` ZY`L. Texny`cheskoe obsluzhy`vani`e y` remont ZY`L-157K, ZY`L-130, ZY`L-131. Chast` 1. [*Zaruby`n A.G., Zubarev A.A., Semenov P.L., Xmely`n B.F.*]. – Moscow: Transport, – 1971. – 367 p. 3. *Lazarenko B.R., Lazarenko N.Y`.* Sovremennj uroven` razvy`ty`ya lektroy`skrovoj obrabotky` metallov / *B.R. Lazarenko, N.Y`. Lazarenko* . Elektroy`skrovaya obrabotka metallov. – 1957. – # 1. – P. 9 – 37. 4. *Lazarenko N.Y`.* Elektroy`skrovoe legy`rovany`e metally`chesky`x poverxnostej / *N.Y`. Lazarenko, B.R. Lazarenko* . Elektroy`skrovaya obrabotka metallov. – 1977. – # 3. – P. 12 – 16. 5. Razmernaya elektry`cheskaya obrabotka metallov / [*Artamonov B.A., Vy`shny`czky`j A.L., Volkov V.S., Glazkov A.V.*]. – Moscow: Visshaya shkola, 1978. – 559 p. 6. Ustanovka “Ely`tron-24A”: Passport. – Ky`shy`nev: Akademy`ya nauk MSSR, 1989. – 21p. 7. *Chertok B.E.* Laboratornue rabotu po technology`y` metallov / *B.E. Chertok.* – Moscow: Mashgy`z, 1961 – 183 p. 8. *Polevoj S.N.* Uprochneny`e metallov: [spravochny`k] / *S.N. Polevoj, V.D. Evdoky`tov* – Moscow: Mashy`nostroeny`e, 1986. – 320 p. 9. *I. Prun`ko* Vidnovlennya znosheny`x poverxon` shtokiv naftopromy`slovy`x nasosiv elektroiskrovy`m naroshhuvannyam i zmicznennyam / *Prun`ko I., Bogatchuk Yu., Markov A.* Mexanika rujnuvannya materialiv i micznist` konstrukcij / [Pid zag. red. V.V. Panasyuka]. – L`viv: Fyzy`ko-mexanichny`j insty`tut im. G.V.Karpenka NAN Ukrayiny`, 2009. – P. 569 – 574. 10. *I.B. Prun`ko* Struktura i zaly`shkovi napruzheniya v poverxnevomu shari stali 45 pislya elektroiskrovogo oboblennya elektrodamy` zi splaviv T15K6 ta VK8 / *I.B. Prun`ko, Yu.I. Bogatchuk, M.M. Student.* Naukovi notatky`. – Lucz`k: Lucz`ky`j nacional`ny`j texnichny`j universy`tet, 2009. – P.255 – 260.

Надійшла (received) 28.01.2015