



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **150385** (13) **U**
(51) МПК (2022.01)

B23H 1/00

B23H 5/00

B23H 9/00

C23C 8/20 (2006.01)

C23C 8/22 (2006.01)

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО
"УКРАЇНСЬКИЙ ІНСТИТУТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ"

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

<p>(21) Номер заявки: u 2021 04858</p> <p>(22) Дата подання заявки: 30.08.2021</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: 10.02.2022</p> <p>(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: 09.02.2022, Бюл.№ 6</p>	<p>(72) Винахідник(и): Тарельник В'ячеслав Борисович (UA), Марцинковський Василь Сігізмундович (UA), Гапонова Оксана Петрівна (UA), Коноплянченко Євген Владиславович (UA), Саржанов Олександр Анатолійових (UA), Тарельник Наталія В'ячеславівна (UA), Мікуліна Марина Олександрівна (UA), Лазаренко Андрій Дмитрович (UA), Поливаний Антон Дмитрович (UA)</p> <p>(73) Володілець (володільці): Марцинковський Василь Сігізмундович, вул. Березова, буд. 2, сел. Сад, Сумський р-н, Сумська обл., 42343 (UA)</p> <p>(74) Представник: Лісна Тетяна Леонідівна, реєстр. №286</p>
--	---

(54) СПОСІБ НІТРОЦЕМЕНТАЦІЇ ПОВЕРХОНЬ СТАЛЕВИХ ДЕТАЛЕЙ МЕТОДОМ ЕЛЕКТРОІСКРОВОГО ЛЕГУВАННЯ (ЕІЛ)

(57) Реферат:

Спосіб нітроцементації поверхонь сталевих деталей методом електроіскрового легування (ЕІЛ) включає нанесення на поверхню сталеві деталі насичувального середовища у вигляді пастоподібного карбюратора, що містить азотисто-вуглецеві компоненти і, не чекаючи його висихання, проведення електроіскрового легування отриманого шару графітовим електродом-інструментом. Перед нанесенням на поверхню сталеві деталі насичувального середовища у вигляді пастоподібного карбюратора, що містить азотисто-вуглецеві компоненти, проводять електроіскрове легування оброблюваної поверхні електродом-інструментом з алюмінію. Електроіскрове легування нанесеного карбюратора виконують графітовим електродом інструментом при енергії розряду в діапазоні $W_p=0,13-3,4$ Дж.

UA 150385 U

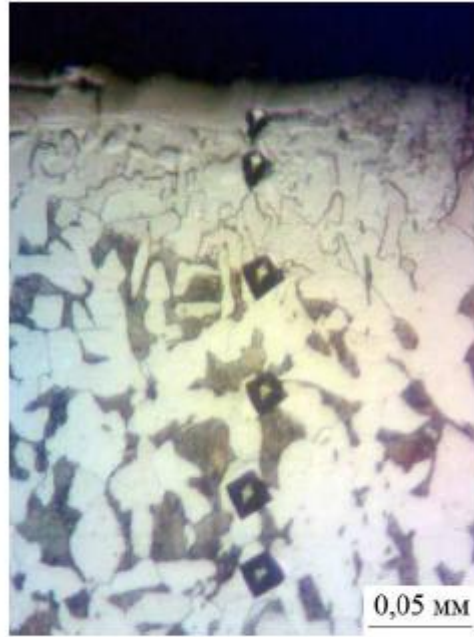


Fig. 1

Запропонована корисна модель належить до електрофізичних і електрохімічних способів обробки деталей, зокрема до електроіскрового легування і азотування поверхонь сталевих деталей для їх зміцнення.

5 В останні роки для підвищення якості поверхневих шарів деталей машин все більшої значущості набуває метод електроіскрового легування (ЕІЛ) - процес перенесення матеріалу на поверхню виробу іскровим електричним розрядом. Його специфічними особливостями, які приваблюють технологів, є: екологічна безпека, локальність дії, мала витрата енергії, відсутність об'ємного нагріву матеріалу, міцне з'єднання нанесеного матеріалу з основою, простота автоматизації процесу обробки, можливість поєднання технологічних операцій.

10 Використовуючи різні електродні матеріали, методом ЕІЛ можна проводити процеси, альтернативні хіміко-термічній обробці (ХТО), але зі значно меншими витратами. Так, використовуючи графітовий електрод і насичуючи поверхню деталі вуглецем, можна здійснювати процес цементації, виконуючи ЕІЛ алюмінієвим електродом - процес алітування та ін.

15 Одним з найбільш простих і доступних з технологічної точки зору методів насичення сталевих поверхневих шарів вуглецем є спосіб цементації сталевих деталей шляхом електроерозійного легування (ЦЕІЛ) графітовим електродом-анодом вказаних деталей - катодів, у якому, як матеріал катода використовують низьковуглецеві леговані сталі аустенітного класу, причому легування здійснюють з продуктивністю 1,0-5,0 хв./см² і з формуванням поверхневих шарів товщиною від 4-5 до 320-350 мкм, а електроерозійне легування можуть здійснювати з варіюванням розряду у діапазоні 0,036-6,8 Дж [Патент України на винахід № 82948, МПК В23С 8/00, надрук. 25.03.2008, бюл. № 10].

Даний спосіб має низку переваг, основними з яких є: досягнення 100 % суцільності зміцнення поверхневого шару; підвищення твердості поверхневого шару деталі за рахунок дифузійно-гартівних процесів; легування можна здійснювати в строго зазначених місцях, не захищаючи при цьому решту поверхні деталі; відсутність об'ємного нагрівання деталі і пов'язаних з цим поводок і викривлень; простота застосування технології; гнучка прив'язка до наявного обладнання; процес зміцнення не вимагає спеціальної підготовки і високої кваліфікації робітника.

30 При ЦЕІЛ сталевих деталей товщина зміцненого шару залежить від енергії розряду і тривалості часу процесу легування (продуктивності процесу). Зі збільшенням енергії розряду і часу тривалості легування товщина зміцненого шару збільшується. При цьому зростає і шорсткість поверхні. Так при ЕІЛ вуглецем середньовуглецевої легованої сталі 40Х (Ra = 0,5 мкм) з продуктивністю 0,2 см²/хв при енергії розряду 6,8 Дж товщина шару підвищеної твердості становить понад 1,15 мм. Шорсткість поверхні при цьому відповідає Ra = 11,7-14,0 мкм.

35 Відомий також спосіб цементації сталевих деталей електроерозійним легуванням, при якому використовують як анод графітовий електрод, а як катод - сталеву деталь і після цементації виконують подальше електроерозійне легування одержаної поверхні деталі вуглецем, у якому подальше електроерозійне легування поверхні деталі виконують тим же графітовим електродом, що і цементацію, але поетапно, при цьому на кожному подальшому етапі знижують енергію розряду режиму електроерозійного легування [Патент України на винахід № 101715, МПК В23Н 9/00, надрук. 25.01.2013, бюл. № 8.]

40 Даний спосіб використовують для зниження шорсткості поверхні, яку піддають легуванню, і розширення області застосування з залученням більш широкого переліку деталей машин. Суть способу полягає в тому, що ЦЕІЛ проводять поетапно, знижуючи на кожному етапі енергію розряду.

Незважаючи на очевидні переваги, основною з яких є зниження шорсткості поверхні деталей машин зі збереженням якості поверхневого шару (відсутність мікротріщин, наявність шару підвищеної твердості, 100 % суцільність та ін.), спосіб має і недоліки. Перш за все, це - зниження мікротвердості поверхневого шару в результаті відпустки (відпалу) при повторній (поетапної) обробці поверхні графітовим електродом, але з меншою енергією розряду. Крім цього, поряд зі зниженням мікротвердості поверхні, знижується глибина шару підвищеної твердості.

55 Усунути вище зазначені недоліки можна, використовуючи відомий комбінований спосіб зміцнення поверхонь термооброблених сталевих деталей, що включає операцію електроерозійного легування і операцію іонного азотування, причому операцію іонного азотування здійснюють або до, або після операції електроерозійного легування протягом часу, достатнього для насичення поверхневого шару деталі азотом на глибину зони термічного впливу, у якому операцію електроерозійного легування виконують графітовим електродом з енергією розряду 0,1-6,8 Дж і продуктивністю 0,2-4,0 см²/хв [Патент України на корисну модель

60

№ 118011, МПК: С23С 28/00, надрук. 25.07.2017, бюл. № 14.]

У даному способі, для зниження шорсткості поверхні, проводять поетапно ЦЕІЛ, знижуючи на кожному етапі енергію розряду, причому поетапне ЦЕІЛ не призводить до зниження мікротвердості поверхні, оскільки властивості азотованої поверхні практично не змінюються при повторних нагрівання аж до 500-600 °С, в той час як при нагріваннях цементованої і загартованої поверхні до 225-275 °С твердість її знижується.

Недоліками даного способу є:

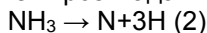
велика тривалість і складність технології здійснення процесу;

висока вартість використовуваного обладнання (необхідність наявності установки для іонного азотування);

потреба у виготовленні спеціального технологічного оснащення для захисту поверхонь деталей, які не підлягають зміцненню, та ін.

Відомий також спосіб, описаний в роботі [В.Н. Гадалов, С.В. Сафонов, А.Г. Романенко, В.Г. Сальников, Н.А. Корневский. Дополнительная химико-термическая обработка конструкционных сталей с использованием азотисто-углеродистых карбюризаторов // Вестник ВГТУ. 2014. - № 2], у якому для підвищення зносостійкості і втомної міцності низьколегованої сталі (24...25) ХГТ проводять її хіміко-термічну обробку в пастоподібному карбюризаторі, що містить у своєму складі азотисто-вуглецеві компоненти. При використанні даного способу карбюризатор у вигляді пасти (обмазки) наносять безпосередньо на будь-які задані поверхні, які підлягають зміцненню, що прискорює реакцію генерування активних атомів азоту і вуглецю до поверхні сталі, на якій вони адсорбуються і дифундують углиб матеріалу деталі. При такому механізмі витрата компонентів карбюризатора мінімальна, а насичувальна здатність висока. Як карбюризатора було запропоновано азотисто - вуглецеву пасту на основі дрібнодисперсної газової сажі (аморфного вуглецю) ~ 60 % і заліzosинеродистого калію (жовтої кров'яної солі) ~ 40 % з добавками карбаміду (сечовини) як азотовмісних компонентів. Сечовина (NH₂)₂CO застосовується як азотне добриво у сільському господарстві і містить ~ 40 % азоту. Сечовина дешева і нетоксична, при ~ 2000 °С вона розкладається з виділенням аміаку та ізоціанової кислоти:

(NH₂)₂CO → NH₃+NHCO (1) Активний азот у разі використання сечовини утворюється в момент розкладання аміаку, яке відбувається по реакції:



Ступінь дисоціації аміаку залежить від температури процесу і становить при низьких температурах > 600 °С (20...40)%, тому в карбюризаторі залишається достатня кількість аміаку для інтенсивного насичення сталі азотом при (500...600)°С.

Жовта кров'яна сіль K₄Fe(CN)₆, хоча і вважається ціанідом, на відміну від ціанідів калію і натрію, у твердому стані не є токсичною. Вважається, що вона стає отруйною після розплавлення, коли в розплаві з'являється активна група CN. Однак в суміші з сажею вільного розплаву жовта кров'яна сіль не утворюється, а її токсична дія не проявляється.

Ціаністий калій частково окислюється з виділенням нейтральних газів і частково бере участь в насиченні сталі при безпосередньому контакті з поверхнею. При підвищенні температури процесу основним джерелом активних атомів азоту і вуглецю стає жовта кров'яна сіль. Вона розкладається при > 560 °С з виділенням азоту і вуглецю:



Жовта кров'яна сіль проявляє свою активність при середніх температурах насичення (в районі 600 °С), коли активність сечовини знижується в результаті сильної дисоціації аміаку. Атоми азоту, що утворюються при розкладанні жовтої кров'яної солі, дифундують у сталь, розчиняючись в α-Fe. При цьому знижується температура фазової перекристалізації азотистого фериту в аустеніт (~ 590 °С), в якому стає можливою дифузія вуглецю і складаються умови для спільного насичення сталі азотом і вуглецем, тобто для нітроцементатії.

Таким чином, завдяки тому, що компоненти запропонованого карбюризатора проявляють свою максимальну активність при різних температурах (500...900)°С, він може бути використаний для хіміко-термічної обробки сталевих виробів з різних видів, від практично чистого азотування до нітроцементатії, цементатії і ціанування.

Недоліками цього способу є:

велика тривалість і складність технології здійснення процесу;

висока вартість спеціальної печі для проведення процесу ХТО (від практично чистого азотування до нітроцементатії, цементатії і ціанування);

можливість появи поводок і викривлення і ін.

Найближчим аналогом до запропонованого способу, за технічною суттю і результатом, який досягається, є спосіб нітроцементатії поверхонь сталевих деталей, у якому використовують

електроіскрове легування з нанесенням на поверхню сталеві деталі насичувального середовища і перед електроіскровим легуванням на поверхню сталеві деталі як насичувальне середовище наносять пастоподібний карбюризатор, що містить азотисто-вуглецеві компоненти, і проводять електроіскрове легування графітовим електродом-інструментом [Патент України на корисну модель № 146373, МПК: С23С 8/00, надрук. 17.02.2021, бюл. № 7.].

В результаті використання даного способу, вирішується задача скорочення тривалості і зниження складності технології виконання способу, використання якого забезпечує можливість здійснення на сталевих поверхнях деталей, зокрема процесу нітроцементації, реалізованого із застосуванням методу ЕІЛ.

Недоліками цього способу є:
невелика товщина білого шару;
відносно невисока мікротвердість білого шару.

Відомо, що для отримання сталі високої твердості при азотуванні як основу використовують алюмовмісні покращувані сталі 38 × 2МЮА, 38ХВФЮА. [Теория и технология азотирования / Лахтин Ю.М., Коган Я.Д., Шпис Г.И., Бёмер З. - М.: Металлургия, 1991. - 320 с.]. Підтвердженням тому є робота [А.Я. Мельникова, Л.Р. Гулемова. Алюминий в сталях, и его влияние на структуру и свойства сталей. - Доклады Башкирского университета. - 2018. - Том 3. - № 1. - С. 1-5], згідно з якою азотовані сталі відрізняються високою витривалістю, зносостійкістю, корозійностійкістю, твердістю та іншими властивостями. Азотована сталь, що містить в своєму складі алюміній, утворює міцні нітриди, а основою для виготовлення азотованих сталей з високою твердістю є сталі: 38 × 2МЮА і 38 × 2Ю.

Недоліками даного способу є:
висока вартість сталей, що містять алюміній, порівняно з іншими, наприклад, вуглецевими сталями, такими як сталь 20, сталь 40 та ін.

велика тривалість і складність технології здійснення процесу;
висока вартість використовуваного обладнання (необхідність наявності установки для іонного азотування);

потреба у виготовленні спеціального технологічного оснащення для захисту поверхонь деталі, що не підлягають зміцненню та ін.

З огляду на переваги і недоліки вище описаних способів, запропоновано нітроцементацію, застосування якої забезпечує можливість здійснення на сталевих поверхнях деталей, зокрема, процесу нітроцементації, реалізованого методом ЕІЛ.

Поставлена задача вирішується тим, що спосіб нітроцементації поверхонь сталевих деталей методом електроіскрового легування (ЕІЛ), що включає нанесення на поверхню сталеві деталі насичувального середовища у вигляді пастоподібного карбюризатора, що містить азотисто-вуглецеві компоненти і, не чекаючи його висихання, проведення електроіскрового легування отриманого шару графітовим електродом-інструментом, згідно з корисною моделлю, перед нанесенням на поверхню сталеві деталі насичувального середовища у вигляді пастоподібного карбюризатора, що містить азотисто-вуглецеві компоненти, проводять електроіскрове легування оброблюваної поверхні електродом - інструментом з алюмінію, а електроіскрове легування нанесеного карбюризатора виконують графітовим електродом-інструментом при енергії розряду в діапазоні $W_p = 0,13-3,4$ Дж.

Електроіскрове легування електродом-інструментом з алюмінію здійснюють при енергії розряду в діапазоні $W_p = 0,13-6,8$ Дж.

Електрод-інструмент з алюмінію застосовують алюмінієву проволочку діаметром 3 мм марки АД1.

Як карбюризатор застосовують пастоподібну суміш, що містить сечовину ~ 45 %, жовту кров'яну сіль ~ 45 % і вазелін ~ 10 %.

Шар алюмінію наносять методом електроіскрового легування електродом - інструментом з алюмінію при енергії розряду в діапазоні $W_p = 0,13-6,8$ Дж, причому як електрод-інструмент застосовують алюмінієвий дріт діаметром 3 мм марки АД1.

Далі запропонований спосіб описаний з посиланнями на ілюстративний матеріал, де:

на Фіг. 1 показана мікроструктура поверхневого шару зразка сталі 20 після ЕІЛ електродом-інструментом з алюмінію з використанням енергії розряду $W_p = 3,4$ Дж.

на Фіг. 2 показана мікроструктура поверхневого шару зразка сталі 20 після ЕІЛ електродом-інструментом з алюмінію з наступним ЕІЛ електродом-інструментом з графіту з використанням енергії розряду $W_p = 0,13$ Дж.

на Фіг. 3 показана мікроструктура поверхневого шару зразка сталі 20 після ЕІЛ електродом-інструментом з алюмінію з наступним ЕІЛ електродом-інструментом з графіту з використанням енергії розряду $W_p = 0,52$ Дж.

на Фіг. 4 показана мікроструктура поверхневого шару зразка сталі 20 після ЕІЛ електродом-інструментом з алюмінію з наступним ЕІЛ електродом-інструментом з графіту з використанням енергії розряду $W_p = 3,4$ Дж.

на фіг. 5 показано розподіл мікротвердості по мірі поглиблення від поверхні.

5 Для нанесення алюмінію використовували установку ЕІЛ моделі "Элитрон-52А", що забезпечує енергію розряду W_p в діапазоні 0,05-6,8 Дж. При цьому для досліджень застосовували енергію розряду $W_p = 0,13; 0,52$ і 3,4 Дж.

10 Для електроіскрового легування електродом-інструментом з графіту використовували установку ЕІЛ моделі "Элитрон-52А", що забезпечує енергію розряду W_p в діапазоні 0,05-6,8 Дж, яку приймали для досліджень.

Як насичувальне середовище (карбюратор) застосовували спеціально розроблену порошкову суміш, що складається з сечовини ~ 45 % і жовтої кров'яної солі ~ 45 %, яку готували у вигляді пасти, замішуючи в мазеподібною рідиною у вигляді вазеліну ~ 10 %.

15 Для проведення металографічних і дюрOMETричних досліджень приготованих зразків використовували оптичний мікроскоп "Неофот-2", за допомогою якого оцінювали якість шару, його суцільність, товщину і будову зон підшару - дифузійної зони і зони термічного впливу.

Також здійснювали дюрOMETричний аналіз розподілу мікротвердості у поверхневому шарі і по глибині шліфа від поверхні. Замір мікротвердості проводили на мікротвердомірі ПМТ-3 вдавненням алмазної піраміди під навантаженням 0,05 Н відповідно до Держстандарту 9450-76.

20 На всіх етапах обробки вимірювали шорсткість поверхні на приладі профілографі-профілометрі мод. 201 виробництва заводу "Калібр". Результати фіксували за допомогою спеціальної приставки.

25 Карбюратор у вигляді пасти (сечовина - 45 % + жовта кров'яна сіль - 45 % + вазелін - 10 %) наносили на поверхню зразків сталі 20 розміром 15 × 15 × 8 мм і, не чекаючи висихання, проводили нітроцементацию методом ЕІЛ електродом - інструментом у вигляді графітового стержня марки ЭГ-4 розміром 3 × 3 × 25 мм.

На Фіг. 1 показана мікроструктура поверхневого шару зразка сталі 20 після ЕІЛ електродом-інструментом з алюмінію.

30 На Фіг. 2, 3, 4 показані мікроструктури поверхневого шару зразка сталі 20 після ЕІЛ електродом-інструментом з алюмінію і ЕІЛ електродом-інструментом з графіту з використанням енергії розряду $W_p = 0,13; 0,52$ і 3,4 Дж, відповідно.

На Фіг. 5 представлений графік розподілу мікротвердості по мірі поглиблення від поверхні, де:

35 0 - мікротвердість після ЕІЛ електродом-інструментом з алюмінію при $W_p = 3,4$ Дж;

1 - після ЕІЛ електродом-інструментом з алюмінію при $W_p = 3,4$ і ЕІЛ електродом-інструментом з графіту з використанням енергії розряду $W_p = 0,13$ Дж;

2 - після ЕІЛ електродом-інструментом з алюмінію при $W_p = 3,4$ і ЕІЛ електродом-інструментом з графіту з використанням енергії розряду $W_p = 0,52$ Дж;

40 3 - після ЕІЛ електродом-інструментом з алюмінію при $W_p = 3,4$ і ЕІЛ електродом-інструментом з графіту з використанням енергії розряду $W_p = 3,4$ Дж.

Результати вимірювання товщини, мікротвердості і суцільності "білого шару", а також величини шорсткості поверхні зразка сталі 20 після ЕІЛ електродом-інструментом з алюмінію при $W_p = 0,13$ і 3,4 і ЕІЛ електродом-інструментом з графіту з використанням енергії розряду $W_p = 0,13; 0,52$ і 3,4 Дж зведені в Таблиці 1.

45 Слід зазначити, що при нанесенні алюмінію використання енергії розряду W_p менше = 0,13 Дж не вносить суттєвих змін в якісні параметри нітроцементованих шарів.

50 Результати вимірювання товщини, мікротвердості і суцільності "білого шару", а також величини шорсткості поверхні зразка сталі 40 після ЕІЛ електродом-інструментом з алюмінію при $W_p = 3,4$ Дж і ЕІЛ електродом-інструментом з графіту з використанням енергії розряду $W_p = 0,13; 0,52$ і 3,4 Дж зведені до Таблиці.

Якісні параметри шарів нітроцементации (N+C), отриманих методом ЕІЛ на сталі 20 і сталі 40 відповідно до технічного рішення, що заявляється.

Таблиця

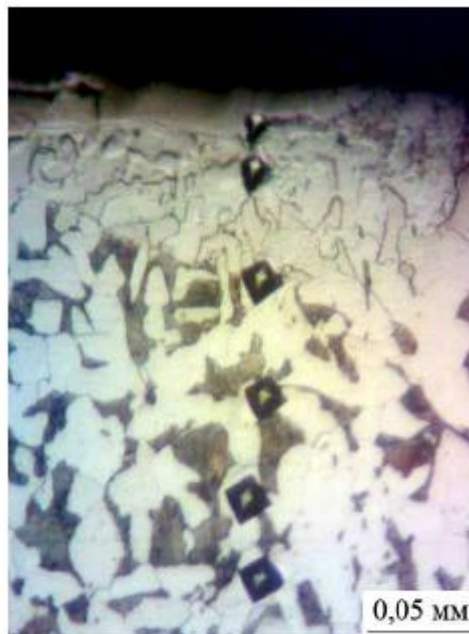
Енергія розряду, Дж	Товщина "білого" шару, мкм	Мікротвердість "білого" шару, МПа	Шорсткість, мкм			Суцільність "білого" шару, %
			Ra	Rz	Rmax	
Без підшару алюмінію (прототип – патент на корисну модель № 146373)						
Сталь 20						
0,13	10-20	6665	0,8	1,9	6,5	80
0,52	30-40	7689	1,2	2,1	8,1	90
3,4	80-110	9731	4,1	11,3	25,1	100
Сталь 40						
0,13	20-30	7135	0,9	2,2	7,3	90
0,52	30-50	7920	1,3	2,7	8,7	100
3,4	80-120	9932	4,7	16,2	35,1	100
3 підшаром алюмінію при $Wp = 0,13$ Дж (заявка)						
Сталь 20						
0,13	10-25	6850	0,9	1,9	7,5	80
0,52	10-30	8010	1,5	2,1	8,3	90
3,4	30-40	9930	5,6	12,4	28,5	100
3 підшаром алюмінію при $Wp = 3,4$ Дж (заявка)						
Сталь 20						
0,13	60-70	7150	1,1	2,1	7,5	90
0,52	60-80	9721	1,6	2,3	9,1	100
3,4	90-110	10050	5,9	13,3	28,9	100
Сталь 40						
0,13	50-70	7320	1,2	2,2	7,3	100
0,52	60-80	10380	1,9	2,9	8,7	100
3,4	80-110	10380	6,3	16,8	31,1	100

Аналіз зображень на Фіг. 2-5 і показників таблиці показує, що:

- 5 для сталі 20 і сталі 40 зі збільшенням енергії розряду товщина, мікротвердість і суцільність "білого шару", а також величина шорсткості поверхні збільшуються;
- в процесі зниження енергії розряду від $Wp = 3,4$ до $Wp = 0,13$ Дж при нанесенні алюмінію знижуються: товщина "білого" шару, мікротвердість, шорсткість і суцільність покриття;
- якісні параметри азотованих шарів, отриманих методом ЕІЛ на сталі 20 та сталі 40 пропонувані способом значно перевершують параметри прототипу (товщина "білого" шару, мікротвердість і суцільність - вище, проте, шорсткість змінюється незначно).
- 10 Слід взяти до уваги, що при обробці графітовим стрижнем, застосування енергії розряду нижче 0,13Дж не призводить до помітних змін якісних параметрів формованого поверхневого шару, а застосування енергії розряду вище 3,4Дж, супроводжується різким збільшенням шорсткості поверхневого шару. Тому до практичного застосування рекомендуються параметри енергії розряду в діапазоні 0,13-3,4Дж.
- 15 Пропонований спосіб може бути застосований для зміцнення зовнішніх і внутрішніх поверхонь деталей, зазначених, наприклад, в роботі [Тарельник В.Б., Антошевський Б., Марцинковський В.С., Конопляченко Е.В., Белоус А.В. Цементация электроэрозионным легированием: монография/под редакцией проф. В.Б.Тарельника.- Сумы: Университетская книга, 2015. - 220 с.], а саме: захисних втулок масляних ущільнень компресорного устаткування, які, замість монельових, вартість яких досягає декількох сотень і тисяч доларів, в даний час виготовляють зі сталі 12 × 18Н10Т і зміцнюють методом ЦЕІЛ;
- 20 підшипникових шийок валів роторів, які виготовляють зі сталей 40Х, 38ХМЮА, 40ХН2МЮА і зміцнюють методом ЦЕІЛ з подальшою обробкою поверхневим пластичним деформуванням (обкаткою кулькою) або безабразивною ультразвуковою фінішною обробкою (БУФО);
- 25 торцевих поверхонь кілець плаваючих ущільнень зі сталі 30 × 13, зміцнюваних методом ЦЕІЛ з подальшою обробкою поверхневим пластичним деформуванням (обкаткою кулькою), і відповідних деталей корпусу і кришки зі сталі 20, зміцнюваних методом ЦЕІЛ тощо.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

- 5 1. Спосіб нітроцементзації поверхонь сталевих деталей методом електроіскрового легування (ЕІЛ), що включає нанесення на поверхню сталеві деталі насичувального середовища у вигляді пастоподібного карбюризатора, що містить азотисто-вуглецеві компоненти і, не чекаючи його висихання, проведення електроіскрового легування отриманого шару графітовим електродом-інструментом, який **відрізняється** тим, що перед нанесенням на поверхню
- 10 2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що перед нанесенням на поверхню сталеві деталі насичувального середовища у вигляді пастоподібного карбюризатора, що містить азотисто-вуглецеві компоненти, проводять електроіскрове легування оброблюваної поверхні електродом-інструментом з алюмінію, а електроіскрове легування нанесеного карбюризатора виконують графітовим електродом-інструментом при енергії розряду в діапазоні $W_p=0,13-3,4$ Дж.
- 15 3. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що як електрод-інструмент з алюмінію здійснюють при енергії розряду в діапазоні $W_p=0,13-6,8$ Дж.
4. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що як електрод-інструмент з алюмінію застосовують алюмінієвий дріт діаметром 3 мм марки АД1.
4. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що як карбюризатор застосовують пастоподібну суміш, що містить сечовину ~45 %, жовту кров'яну сіль ~45 % і вазелін ~10 %.



Фиг. 1

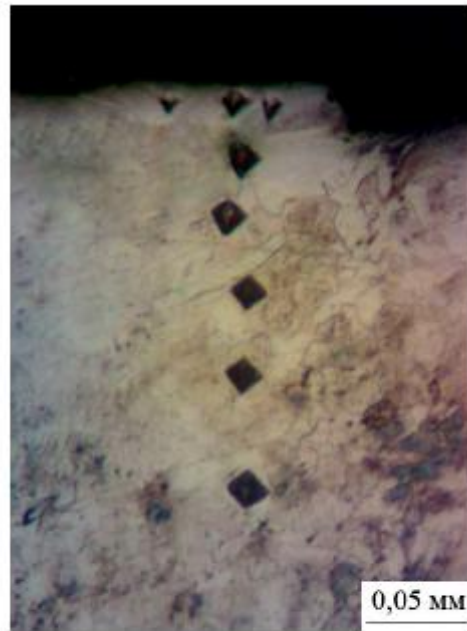


Fig. 2

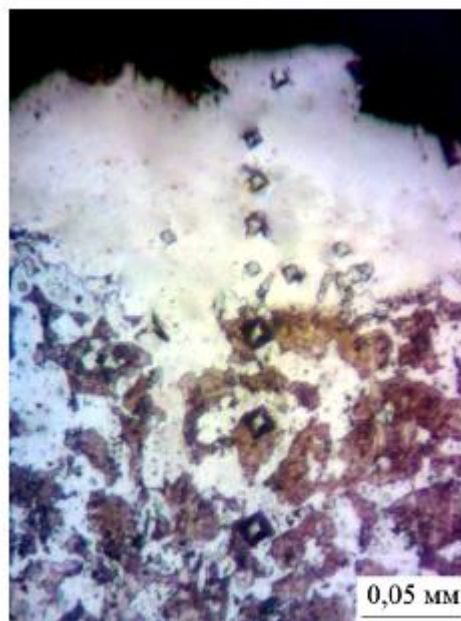
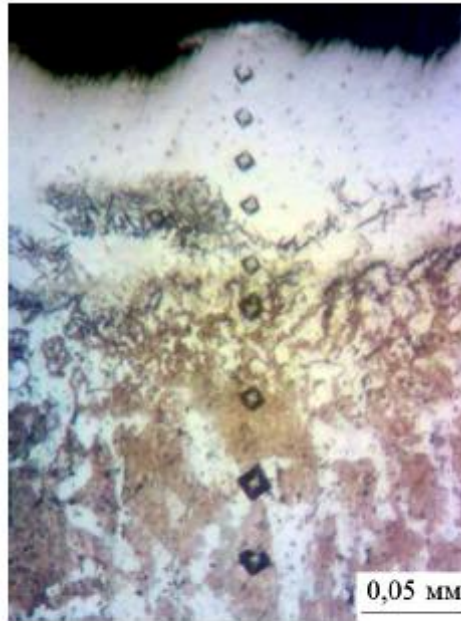
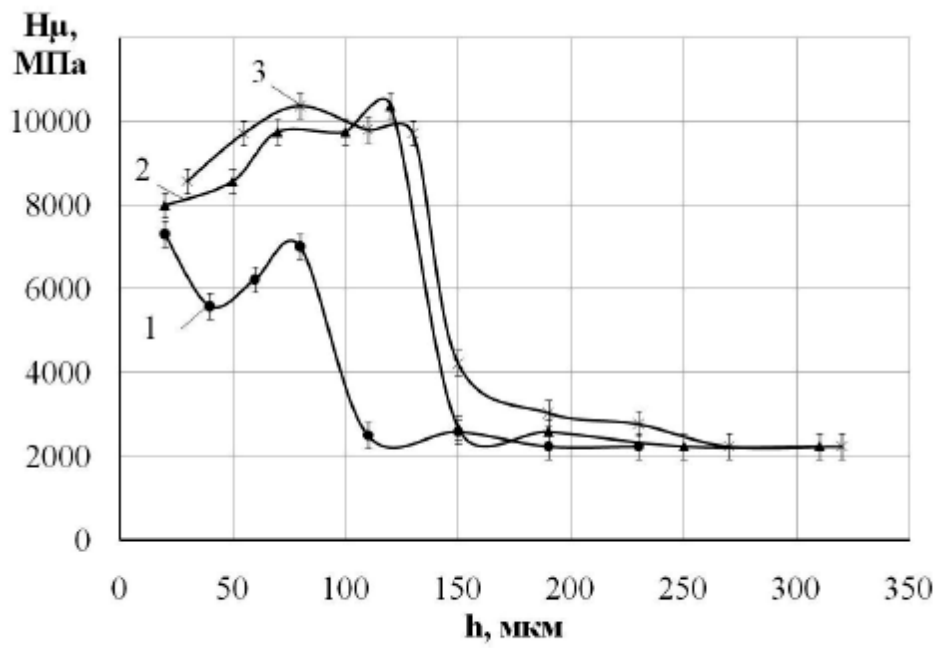


Fig. 3



Фиг. 4



Фиг. 5