



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **146373** (13) **U**
(51) МПК (2021.01)

C23C 8/00

C23C 8/22 (2006.01)

C23C 8/26 (2006.01)

C23C 14/06 (2006.01)

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

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: **u 2020 05096**

(22) Дата подання заявки: **06.08.2020**

(24) Дата, з якої є чинними
права інтелектуальної
власності: **18.02.2021**

(46) Публікація відомостей
про державну
реєстрацію: **17.02.2021, Бюл.№ 7**

(72) Винахідник(и):

Тарельник В'ячеслав Борисович (UA),

Марцинковський Василь

Сігізмундович (UA),

Гапонова Оксана Петрівна (UA),

Саржанов Олександр Анатолійович (UA),

Коноплянченко Євген

Владиславович (UA),

Гапон Олександр Олександрович (UA),

Лазаренко Андрій Дмитрович (UA),

Мікуліна Марина Олександрівна (UA)

(73) Володілець (володільці):

Марцинковський Василь Сігізмундович,

вул. Березова, буд. 2, сел. Сад, Сумський р-н,
Сумська обл., 42343 (UA)

(74) Представник:

Лісна Тетяна Леонідівна, реєстр. №286

(54) СПОСІБ НІТРОЦЕМЕНТАЦІЇ ПОВЕРХОНЬ СТАЛЕВИХ ДЕТАЛЕЙ

(57) Реферат:

Спосіб нітроцementeтації поверхонь сталевих деталей, при якому використовують електроіскрове легування з нанесенням на поверхню сталеві деталі насичувального середовища. При цьому 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.

UA 146373 U

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

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, можливість поєднання операцій. Використовуючи різні електродні матеріали, методом ЕІЛ можна проводити процеси, альтернативні хіміко-термічній обробці (ХТО), але зі значно меншими витратами. Так, проводячи ЕІЛ графітовим електродом і насичуючи поверхню деталі вуглецем, можна здійснювати процес цементації, ЕІЛ алюмінієвим електродом - процес алітування і ін.

З технологічної точки зору одним з найбільш простих і доступних методів насичення сталевих поверхневих шарів вуглецем є спосіб цементації сталевих деталей електроіскровим легуванням (ЦЕІЛ) [Патент України на винахід № 82948, С23С 8/00. Спосіб цементації сталевих деталей електроерозійним легуванням / Марцинковський В.С., Тарельник В.Б., Белоус А.В. / Опубл. 25.03.2008, бюл. № 10].

Даний спосіб має ряд переваг, основними з яких є: досягнення 100 % суцільності зміцнення поверхневого шару; підвищення твердості поверхневого шару деталі за рахунок дифузійно-гартівних процесів; легування можна здійснювати у строго зазначених місцях, не захищаючи при цьому решту поверхні деталі; відсутність об'ємного нагріву 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.

При ЦЕІЛ сталевих деталей товщина зміцненого шару залежить від енергії розряду і часу легування (продуктивності процесу). Зі збільшенням енергії розряду і часу легування товщина зміцненого шару збільшується. При цьому зростає і шорсткість поверхні. Так при електроерозійному легуванні 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.

Відомий також спосіб ЦЕІЛ, який полягає в тому, що ЦЕІЛ проводять поетапно, знижуючи на кожному етапі енергію розряду. [Патент України на винахід № 101715, С23Н 9/00. Спосіб цементації сталевих деталей електроерозійним легуванням / Марцинковський В.С., Тарельник В.Б., Братущак М.П. / Опубл. 25.01.2013, бюл. № 8].

Даний спосіб використовують з метою зниження шорсткості легованої поверхні і розширення області застосування для більш широкого кола деталей машин.

Незважаючи на очевидні переваги, основною з яких є зниження шорсткості поверхні деталей машин зі збереженням якості поверхневого шару (відсутністю мікротріщин, наявністю шару підвищеної твердості, 100 % суцільністю та ін.), спосіб має і недоліки. Це, перш за все, зниження мікротвердості поверхневого шару в результаті відпущення (відпалювання) при повторній (поетапній) обробці поверхні графітовим електродом, але з меншою енергією розряду. Крім цього, поряд зі зниженням мікротвердості поверхні, знижується глибина шару підвищеної твердості.

Усунути вище зазначені недоліки можна, використовуючи відомий комбінований спосіб зміцнення, при якому після першого етапу ЦЕІЛ проводять іонне азотування протягом часу, достатнього для насичення поверхневого шару деталі азотом на глибину зони термічного впливу, а потім, з метою зниження шорсткості поверхні, проводять поетапно ЦЕІЛ, знижуючи на кожному етапі енергію розряду [Патент України на корисну модель № 118011, С23С 28/00. Спосіб зміцнення поверхонь термооброблених сталевих деталей / Тарельник В.Б., Марцинковський В.С., Косенко П.В., Волошко Т.П., Антошевський Богдан / Опубл. 25.07.2017, бюл. № 14].

В даному випадку поетапне ЦЕІЛ не призведе до зниження мікротвердості поверхні, оскільки властивості азотованої поверхні практично не змінюються при повторних нагріваннях аж до 500-600 °С, у той час як при нагріваннях цементованої і загартованої поверхні до 225-275 °С її твердість знижується.

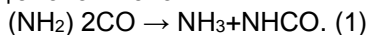
Недоліками даного способу є:

- розтягнутість у часі і складність технології здійснення процесу;
- висока вартість використовуваного обладнання (необхідність наявності установки для

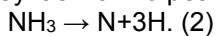
іонного азотування);

- необхідність виготовлення спеціального технологічного оснащення для захисту поверхонь деталі, що не підлягають зміцненню та ін.

Відомий також спосіб, при якому для підвищення зносостійкості і втомної міцності низьколегованої сталі (24...25) ХГТ проводять хіміко-термічну обробку у пастоподібному карбюризаторі, що включає до свого складу азотисто-вуглецеві компоненти. При застосуванні даного способу карбюризатор у вигляді пасту (обмазки) наносять безпосередньо на будь-які поверхні, що зміцнюються, прискорюючи реакцію генерування активних атомів азоту і вуглецю на поверхні сталі, де вони безпосередньо адсорбуються і дифундують углиб матеріалу деталі. При такому механізмі витрата компонентів карбюризатора мінімальна, а їх насичувальна здатність - висока. Як карбюризатор було запропоновано азотисто-вуглецеву пасту на основі дрібнодисперсної газової сажі (аморфного вуглецю) ~60 % і залізосинеродистого калію (жовтої кров'яної солі) ~40 % з добавками карбаміду (сечовини) як азотовмісні компоненти. Сечовина (NH₂)₂CO застосовується як азотне добриво у сільському господарстві і містить ~40 % азоту. Сечовина дешева і нетоксична, при ~2000 °C вона розкладається з виділенням аміаку та ізоціанової кислоти:



У разі використання сечовини активний азот утворюється в момент розкладання аміаку, яке відбувається по реакції:

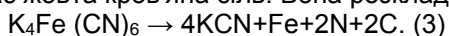


Ступінь дисоціації аміаку залежить від температури процесу і становить при низьких температурах > 600 °C (20...40) %, тому в карбюризаторі залишається достатня кількість аміаку для інтенсивного насичення сталі азотом при (500...600) °C.

Жовта кров'яна сіль K₄Fe (CN)₆ хоча і вважається ціанідом, у твердому стані нетоксична, на відміну від ціанідів калію і натрію. Вважається, що вона стає отруйною після розплавлення, коли у розплаві з'являється активна група CN. Однак в суміші з сажею вільного розплаву жовтої кров'яної солі 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 °C з виділенням азоту і вуглецю:



Жовта кров'яна сіль проявляє свою активність при середніх температурах насичення (у районі 600 °C), коли активність сечовини знижується у 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 °C), у якому стає можливою дифузія вуглецю і виникають умови для спільного насичення сталі азотом і вуглецем, тобто для процесу нітроцементатії.

Таким чином, завдяки тому, що компоненти запропонованого карбюризатора проявляють свою максимальну активність при різних температурах (500...900) °C, він може бути використаний для різних видів хіміко-термічної обробки сталевих виробів, від практично чистого азотування до нітроцементатії, цементатії та ціанування [Гадалов В.Н., Сафонов С.В., Романенко А.Г., Сальников В.Г., Корневский Н.А. Дополнительная химико-термическая обработка конструкционных сталей с использованием азотисто-углеродистых карбюризаторов // Вестник ВГТУ. - 2014. - № 2].

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 та ціанування);
- можливість появи поводок і викривлення і ін.

З огляду на переваги і недоліки описаних вище способів, в основу корисної моделі, що заявляється, поставлено задачу зменшення тривалості і складності технології здійснення процесу, застосування якого забезпечує можливість здійснення на сталевих поверхнях деталей, зокрема, процес нітроцементатії, реалізований методом ЕІЛ.

Поставлена задача вирішується тим, що у способі нітроцементатії поверхонь сталевих деталей, при якому використовують електроіскрового легування з нанесенням на поверхню сталевих деталей насичувального середовища, згідно корисної моделі, перед електроіскровим легуванням на поверхню сталевих деталей як насичувальне середовище наносять пастоподібний карбюризатор, що містить азотисто-вуглецеві компоненти і проводять електроіскрове легування графітовим електродом-інструментом.

За способом, що заявляється, карбюризатор попередньо готують, замішуючи порошкову

суміш, що складається з сечовини ~45 %, жовтої кров'яної солі ~45 %, у мазеподібній рідині, наприклад, вазеліні ~10 %.

За способом, що заявляється, електроіскрове легування проводять при енергії розряду в діапазоні $W_p=0,05-6,8$ Дж електродом-інструментом у вигляді графітового стержня марки ЄГ-4.

5 Запропоновано спосіб, застосування якого забезпечує можливість здійснення на сталевих поверхнях деталей, зокрема, процес нітроцементзації, реалізований методом ЕІЛ.

10 Спосіб нітроцементзації, що заявляється, як і способи, відомі з рівня техніки, здійснюється методом електроіскрового легування і включає нанесення на поверхню, що зміцнюють, насичувального середовища, але при цьому, відповідно до технічного рішення за корисною моделлю, що заявляється, він відрізняється тим, що перед електроіскровим легуванням на зміцнювану поверхню як насичувальне середовище наносять пастоподібний карбюризатор, що містить азотисто-вуглецеві компоненти і, не чекаючи його висихання, проводять електроіскрове легування електродом-інструментом з графіту.

Далі спосіб, що заявляється, описано з посиланнями на ілюстративний матеріал, де:

15 - на фіг. 1 показана мікроструктура поверхневого шару зразка сталі 20 після ЕІЛ електродом-інструментом з графіту із застосуванням енергії розряду $W_p=0,13$ Дж;

- на фіг. 2 показана мікроструктура поверхневого шару зразка сталі 20 після ЕІЛ електродом-інструментом з графіту із застосуванням енергії розряду $W_p=0,52$ Дж;

20 - на фіг. 3 показана мікроструктура поверхневого шару зразка сталі 20 після ЕІЛ електродом-інструментом з графіту із застосуванням енергії розряду $W_p=3,4$ Дж;

- на фіг. 4 показано розподіл мікротвердості по мірі поглиблення від поверхні.

Для забезпечення процесу нітроцементзації застосовували установку ЕІЛ моделі "Елітрон-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.

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

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

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

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

40 Карбюризатор 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 нітроцементзацію методом ЕІЛ електродом-інструментом у вигляді графітового стрижня марки ЄГ-4 розміром 3×3×25 мм.

45 На фіг. 1, 2, 3 показані мікроструктури поверхневого шару зразка сталі 20 після ЕІЛ електродом-інструментом з графіту з використанням енергії розряду $W_p=0,13$; 0,52 і 3,4 Дж, відповідно. На фіг. 4 представлено графік розподілу мікротвердості по мірі поглиблення від поверхні. На графіку: 1 - при $W_p=0,13$ Дж; 2 - при $W_p=0,52$ Дж; 3 - при $W_p=3,4$ Дж.

Результати вимірювання товщини, мікротвердості і суцільності "білого шару", а також величини шорсткості зміцнених поверхонь сталі 20 та сталі 40 після ЕІЛ електродом-інструментом з графіту з використанням енергії розряду $W_p=0,13$; 0,52 і 3,4 Дж надані у таблиці.

50 Якісні параметри шарів нітроцементзації (N+C), отриманих методом ЕІЛ на сталі 20 і сталі 40 відповідно до корисної моделі, що заявляється.

Таблиця

Енергія розряду, Дж	Товщина "білого шару", мкм	Мікротвердість "білого шару", МПа	Шорсткість, мкм			Суцільність "білого шару", %
			Ra	Rz	Rmax	
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

Проаналізувавши зображення на фіг. 1-4 і показники таблиці, слід зазначити, що для сталі 20 і сталі 40 зі збільшенням енергії розряду товщина, мікротвердість і суцільність "білого шару", а також величина шорсткості поверхні збільшуються.

Пропонований спосіб може бути застосований для зміцнення зовнішніх і внутрішніх поверхонь деталей, наприклад [Тарельник В.Б., Антошевский Б., Марцинковский В.С., Коноплянченко Е.В., Белоус А.В. Цементация электроэрозионным легированием: монография / под редакцией проф. В.Б. Тарельника. - Сумы: - Университетская книга. - 2015. – 220 с.]:

- захисних втулок масляних ущільнень компресорного устаткування, що виготовляються в даний час зі сталі 12×18Н10Т і зміцнюються методом ЦЕІЛ, натомість монелієвих, вартість яких досягає декількох сотень і тисяч доларів;

- підшипникових шийок валів роторів, що виготовляються із сталей 40Х, 38ХМЮА, 40ХН2МЮА і зміцнюються методом ЦЕІЛ з подальшою обробкою поверхневим пластичним деформуванням (обкаткою кулькою) або безабразивною ультразвуковою фінішною обробкою (БУФО);

- торцевих поверхонь кілець плаваючих ущільнень, що виготовляються зі сталі 30×13 і зміцнюються методом ЦЕІЛ з подальшою обробкою поверхневим пластичним деформуванням (обкаткою кулькою), і відповідних деталей корпусу і кришки зі сталі 20, зміцнюваних методом ЦЕІЛ і ін.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

1. Спосіб нітроцементзації поверхонь сталевих деталей, при якому використовують електроіскрове легування з нанесенням на поверхню сталеві деталі насичувального середовища, який **відрізняється** тим, що 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.

2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що карбюризатор попередньо готують, замішуючи порошкову суміш, що складається з сечовини ~45 % і жовтої кров'яної солі ~45 %, у мазеподібній рідині ~10 %.

3. Спосіб за п. 2, який **відрізняється** тим, що як мазеподібну рідину застосовують вазелін.

4. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що електроіскрове легування проводять при енергії розряду в діапазоні $W_p=0,05-6,8$ Дж.

5. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що як графітовий електрод-інструмент застосовують графітовий стрижень марки ЄГ-4.

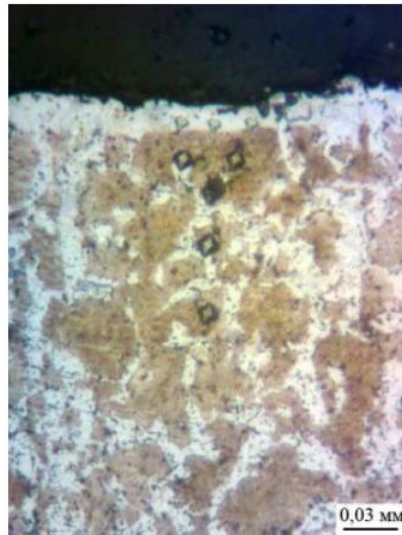


Fig. 1

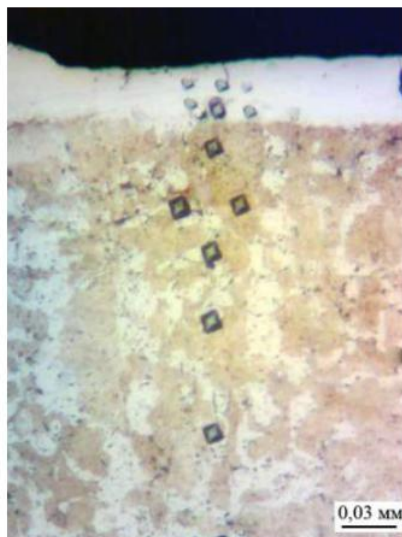
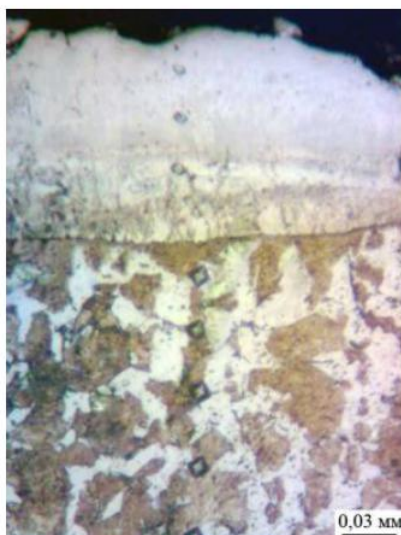
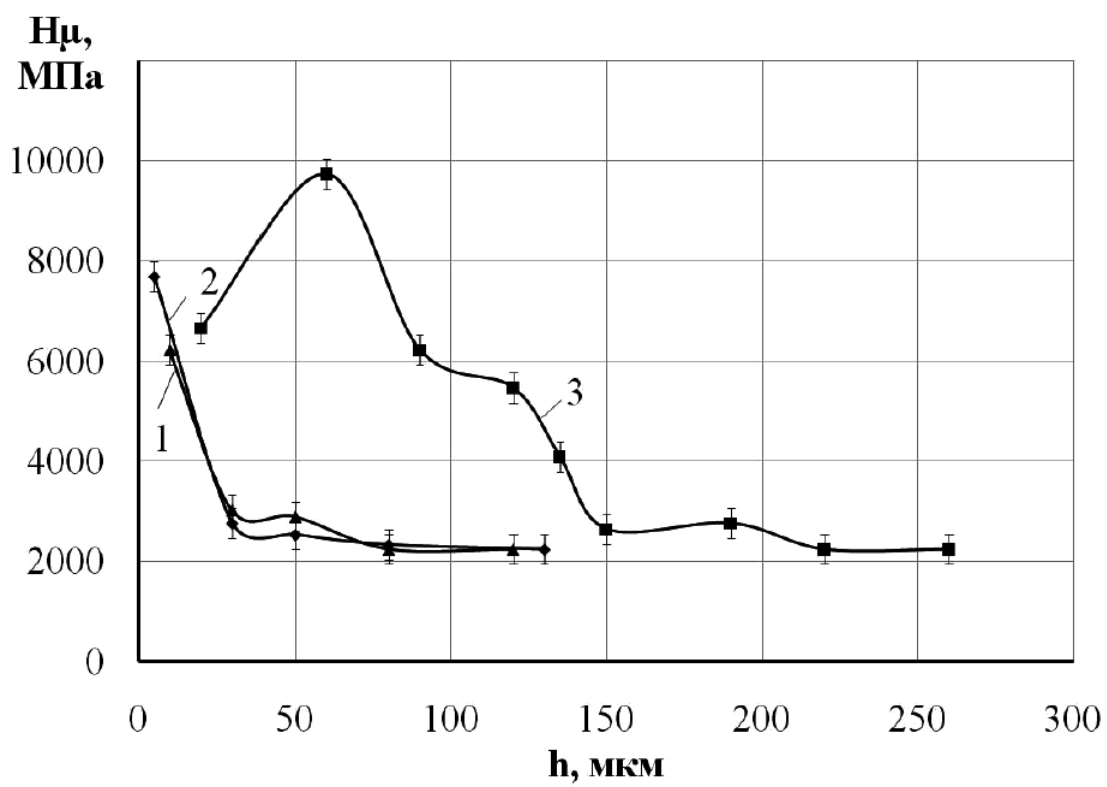


Fig. 2



Фіг. 3



Фіг. 4