



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **110304** (13) **C2**
(51) МПК**C23C 8/06** (2006.01)**C23C 8/68** (2006.01)**C23C 8/70** (2006.01)**C23C 8/78** (2006.01)**C21D 1/78** (2006.01)ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД**

(21) Номер заявки: а 2014 12841	(72) Винахідник(и): Філоненко Наталія Юріївна (UA), Піляєва Світлана Борисівна (UA)
(22) Дата подання заявки: 01.12.2014	(73) Власник(и): ДНІПРОПЕТРОВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ОЛЕСЯ ГОНЧАРА, пр. Гагаріна, 72, м. Дніпропетровськ, 49010 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: 10.12.2015	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: UA 98105 C2, 25.04.2012 UA 99562 C2, 27.08.2012 UA 102394 C2, 10.07.2013 SU 1659528 A1, 30.06.1991 SU 899709 A, 23.01.1982 RU 2157859 C2, 20.10.2000 US 4485148 A, 27.11.1984 JP 1036954 A, 10.02.1998
(41) Публікація відомостей про заявку: 25.05.2015, Бюл.№ 10	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 10.12.2015, Бюл.№ 23	

(54) СПОСІБ НАСИЧЕННЯ СТАЛЕВИХ ВИРОБІВ БОРОМ ТА ВУГЛЕЦЕМ**(57) Реферат:**

Винахід належить до металургії. Спосіб насичення сталевих виробів бором та вуглецем включає нагрів виробів в середовищі, що складається з двох частин, одна з яких розміщена у верхній частині контейнера та містить карбід бору та фторид натрію, а друга частина середовища заповнює решту об'єму контейнера і вона містить компоненти в наступній кількості, мас. % від маси всього середовища: фторид натрію - 1,85-2,85 %, карбонат натрію - 2,0-3,5 %, хром - 0,8-0-1,0 % та деревно-вугільний карбюризатор - решта. Спосіб включає попереднє пластичне деформування зі ступенем деформації 25-28 %, а процес насичення здійснюють в дві стадії: перша при температурі 780-800 °С, а друга при температурі 950-970 °С. Технічний результат: покриття має високу твердість та зносостійкість та не містить карбідної сітки.

UA 110304 C2

Винахід належить до металургії, а саме до хіміко-термічної обробки сталі, зокрема до борокарбування у твердофазному середовищі, і може бути використаний для виробів інструментального обладнання та деталей, що зазнають поверхневого зносу в абразивному середовищі та в парах тертя.

Відомий спосіб бороцементзації сталевих виробів [1], який включає нагрів та витримку при температурі 900-950 °С у контейнері в порошковій суміші впродовж 2-8 годин з наступним остуджуванням до 750-850 °С та витримкою впродовж 0,5-1 годин і охолодження зі швидкістю 2-100 град./хв., а склад суміші містить: карбід бору - 5-20 мас. %, деревно-вугільний карбюризатор - решта.

Цей спосіб дозволяє повторно використовувати суміш для насичення, однак процес бороцементзації відбувається не завжди. Іноді на частинах поверхні утворюється борований шар, який перешкоджає дифузії вуглецю в поверхню виробів і заважає утворенню цементованого шару.

Відомо, що попереднє пластичне деформування деталей активізує насичення її поверхні [2]. Відомий спосіб [3], що включає підвищення твердості низьковуглецевих сталей, що включає попереднє пластичне деформування з наступною цементациєю і термообробкою, і те, що глибину надвуглецевого шару t визначають за співвідношенням $t=t_0+c_1\epsilon\exp(c_2)$ (c_2), де t_0 - глибина вуглецевого шару сталі без попередньої деформації; ϵ - відносна деформація; c_1 , c_2 - безрозмірні коефіцієнти, що визначаються статистичною обробкою дослідних даних.

Недоліком цього винаходу є недостатнє збільшення товщини дифузійного шару, а максимальне збільшення глибини шару складає 20 %.

Найбільш близьким до заявленого є спосіб бороцементзації сталевих виробів [4], який включає нагрівання виробів в контейнері та витримку з наступним остуджуванням до 860-900 °С, середовище для бороцементзації складається з двох частин, одна з яких розміщена в верхній частині контейнера і містить карбід бору та фторид натрію в суміші наступного складу, мас. %: карбіду бору - 2-3, фториду натрію - 0,1-0,15, друга частина середовища для бороцементзації заповнює решту об'єму контейнера, в ній розміщені деталі для бороцементзації і вона складається із суміші деревновугільного карбюризатора та фториду натрію в наступній кількості, мас. % від маси всього середовища: фторид натрію - 1,85-2,85, деревновугільний карбюризатор - решта.

Недоліками цього способу насичення є можливе надвуглецювання, що приводить до зниження міцності поверхневого шару.

Задачею винаходу є удосконалення способу насичення бором та вуглецем сталевих виробів, збільшення товщини дифузійного шару та покращення його якості, а саме: однорідності, твердості, зносостійкості шляхом здійснення попередньої пластичної деформації, зміни складу середовища та двостадійного процесу насичення.

Поставлена задача вирішується тим, що в способі насичення бором та вуглецем виробів, що включає нагрів в контейнері, в середовищі, що складається з двох частин, одна з яких розміщена в верхній частині контейнера та містить карбід бору та фторид натрію, друга частина середовища заповнює решту об'єму контейнера, в ній розміщені деталі і містить суміш деревно-вугільного карбюризатора та фториду натрію, остуджування і витримку до температури, до якої було здійснене остуджування та подальше охолодження, новим є те, що перед процесом насичення здійснюють попереднє пластичне деформування зі ступенем деформації 25-28 %, процес насичення здійснюють в дві стадії: перша при температурі 780-800 °С, а друга при температурі 950-970 °С, а середовище другої частини контейнера містить додатково карбонат натрію та хром, при наступному співвідношенні компонентів, мас. % від маси всього середовища: фторид натрію - 1,85-2,85, карбонат натрію - 2,0-3,5, хрому - 0,8-1,0 та деревно-вугільний карбюризатор - решта.

Таке розміщення компонентів середовища, наявність хрому у середовищі, присутність фториду натрію та соди Na_2CO_3 забезпечує надходження необхідної кількості атомів бору та вуглецю, що дозволяє отримати бороцементовані шари необхідної товщини. Наявність соди карбонату натрію в насичуючому середовищі забезпечує додаткові атоми вуглецю, а хром сприяє утворенню борокарбідів легованих хромом.

В заявленому способі процес насичення здійснюють в дві стадії перша при температурі 780-800 °С, друга при температурі 950-970 °С. Попередня пластична деформація, нагрів та витримка при температурі 780-800 °С протягом 1 години дозволяє інтенсифікувати дифузію атомів бору за рахунок того, що в результаті попередньої пластичної деформації збільшується кількість шляхів дифузії. Крім того, бор є горофільним елементом та коефіцієнт дифузії атомів бору у α -залізі більший, ніж у атомів вуглецю. Також слід зазначити, що бор підвищує

дифузійну рухливість вуглецю та при подальшому підвищенні температури до 950-970 °С інтенсифікує дифузію атомів вуглецю [5].

В результаті обробки сталевих виробів отримали бороцементовані шари товщиною 2,3-2,43 мм, мікротвердістю - 4500 МПа та однорідні за структурою. Треба зауважити, що запропонований спосіб не призводить до утворення борованого шару на поверхні деталей.

На фіг. 1 показаний розподіл бору по глибині дифузійної зони. На фіг. 2 показаний розподіл вуглецю по глибині дифузійної зони. Криві з фіг. 1, 2 свідчать збільшення глибини розподілу бору та вуглецю по запропонованому способі.

Заявлений спосіб здійснюється таким чином.

Вироби із сталі 20, які мають попередню пластичну деформацію 26 % поміщають у герметичний контейнер з плавким затвором. Проводять закладку компонентів суміші, та деталей наступним чином: на дно контейнера розміщують суміш, наступного складу в мас. % від маси всього середовища: фторид натрію - 2, карбонату натрію - 2,5, хрому - 0,9, деревно-вугільний карбюризатор - решта, висотою 30 см, в який розміщують деталі для обробки. Над ним розташований другий шар суміші наступного складу, в мас. % від маси всього середовища: карбід бору - 2,0, та фторид натрію - 0,15.

Контейнер закривають металевою кришкою з плавким затвором. Як плавкий затвор використовують натрій-силікатний порошок. Контейнер поміщають в попереднє нагріту піч до температури 790 °С та витримують протягом 1 години. Потім нагрівають контейнер до температури 960 °С та після виходу на режим проводять процес насичення бором та вуглецем в печі 4 години. По закінченні 4 годин виконують остидження до температури 870 °С, витримують протягом 1 години. Контейнер виймають із печі та охолоджують на повітрі.

Після ХТО деталі підлягають термообробці (ТО): нагріву температури 780-800 °С та швидкому охолодженню у воді або маслі, потім відпуску при температурі 180-200 °С на протязі 1-1,5 годин.

Після проведення ТО структура дифузійного шару набула більш якісних характеристик за рахунок того, що у бороцементованому шарі була отримана структура з рівномірним розподілом дрібнодисперсних включень карбоборидів та борокарбидів у мартенситі.

Інтенсивність лінійного зносу визначалась за допомогою установки "Метаполан" по методиці наведеній у роботі [6] при тиску $2 \cdot 10^4$ Па та кутовій швидкості обертання $1,5 \text{ хв}^{-1}$, на абразивній шкурці ТУ 2-036/ЗУ2/51С 25П, час циклу випробувань 30 хв. Відносну зносостійкість визначали за формулою $\varepsilon = \Delta m_{\text{ет}} / \Delta m_{\text{зразка}}$. Як еталон використовували зразки сталі марки 25.

Металографічний аналіз отриманих зразків проводили за допомогою металографічного мікроскопу НЕОРНОТ-21 та мікротвердоміру ПМТ-3. Твердість після гартування визначалась на твердомірі ТК-2М, спектральний пошаровий аналіз здійснювали за методикою описаною в роботі [7].

В таблиці приведені результати дослідження характеристик дифузійних шарів в залежності від ступеня попереднього пластичного деформування, від температури першого ступеня зупинки, вмісту складових другої частини середовища, де розміщують деталі.

Отримане за заявленим способом покриття в порівнянні з найближчим аналогом має на 25-30 % більшу товщину шару, що містить мікрористалічні сполуки бору та вуглецю, які забезпечують більшу твердість та зносостійкість, підвищену в 1,2-1,3 разу зносостійкість покриття. Крім того, на відміну від найближчого аналогу, дифузійна зона за заявленим способом не містить карбідної сітки, яка може призвести до тріщиноутворення.

В способі, що заявляється, створено прості за рішенням умови насичення, які дозволяють одержати на поверхні сталі бороцементований шар, що забезпечує підвищення зносостійкості в широкому діапазоні температур.

Застосування запропонованого способу технічно просте та можливе для реалізації на будь-якій термічній ділянці інструментального виробництва

1. Авторское свидетельство СССР № 1352979, МКИ C23C 8/06, 1985

2. Лахтин Ю.М., Кальнер В.Д., Седуков В.К., Смирнова Т.А. Влияние предварительной холодной деформации на цементацию стали. // Металловед, и термин, обработка металлов - 1971. - № 12. - С. 22-27.

3. Патент RU (11) № 2243273 (13) C1 Способ повышения твердости низкоуглеродистых сталей. МПК C21D 7/00, C21D 1/78 від 12.27.2004.

4. Патент "Спосіб бороцементації сталевих виробів" № 98105, C23C, 8/06, від 25.04.2012, Бюл. № 8.

5. Бокштейн, С.З. Диффузия и структура металлов / М.: Металлургия, 1973. - 205 с.

6. Юрков И.И., Строганов Г.И. Износостойкость карбидохромовых покрытий в условиях воздействия абразивных частиц // Трение и износ. - 1989. - Т. 10. - № 7. - С. 12-17.

7. С.В. Твердохлебова Спектрометрия борсодержащих сплавов. // Вісник Дніпропетровського національного університету. Серія. фізика. Радіоелектроніка. - Д.: Вид-во ДНУ. - 2007. - Вип. 14, № 12/1. - С. 100-104.

Таблиця

Характеристики бороцементованого шару від складу та ступеня попередньої деформації

№	Ступінь попередньої пластичної деформації, %	Склад суміші деревновугільного карбюризатора та фториду натрію, Na ₂ CO ₃ % (ваг.)				Температура першої стадії зупинки, °С	Товщина дифузійного шару, мкм	Відносна зносостійкість після гартування $\Delta m / \Delta m_{\text{ет}}$, %	Мікротвердість шару, Н _μ ⁵⁰ , ±20 ГПа		Примітки
		Cr	NaF	Na ₂ CO ₃	Карбюризатор				До ТО	Після ТО	
1	10	0,2	1,0	1,0	решта	730	1,91	1,59	3,2-2,5	6,3-5,7	Приклад
2	15	0,5	1,2	1,5		750	1,97	1,38	3,6-3,2	6,4-5,7	Приклад
3	20	0,7	1,4	1,8		770	1,95	1,62	3,6-3,3	7,1-6,5	Приклад
4	25	0,8	1,85	2		780	2,37	1,69	3,8-3,0	8,5-7,5	Заявлено
5	28	0,9	2,0	3		790	2,43	1,73	3,9-3,2	8,6-7,5	Заявлено
6	28	1	2,85	3,5		800	2,32	1,76	390-340	8,6-7,8	Заявлено
7	35	1,2	2,9	3,8		820	1,9	1,42	330-280	6,9-6,4	Приклад
8	40	1,5	3,1	4,2		850	1,85	1,53	350-300	7,1-6,8	Приклад
9	45	1,7	3,3	4,5		870	1,82	1,59	370-320	7,5-7,0	Приклад
10		-	2,3	-	95	-	1,9	1,65	370		Найближчий аналог

5

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

- Спосіб насичення сталевих виробів бором та вуглецем, що включає їх нагрів в контейнері в середовищі, що складається з двох частин, одна з яких розміщена в верхній частині контейнера та містить карбід бору та фторид натрію, а друга частина середовища заповнює решту об'єму контейнера та в ній розміщують деталі і вона містить суміш деревно-вугільного карбюризатора та фториду натрію, остигання і витримку до температури, до якої було здійснене остигання та подальше охолодження, який **відрізняється** тим, що перед нагрівом здійснюють попереднє пластичне деформування зі ступенем деформації 25-28 %, а процес насичення здійснюють в дві стадії: перша при температурі 780-800 °С, а друга при температурі 950-970 °С, причому середовище другої частини контейнера додатково містить карбонат натрію та хром, при наступному співвідношенні компонентів, мас. % від маси всього середовища: фторид натрію - 1,85-2,85 %, карбонат натрію - 2,0-3,5 %, хром - 0,8-1,0 % та деревно-вугільний карбюризатор - решта.

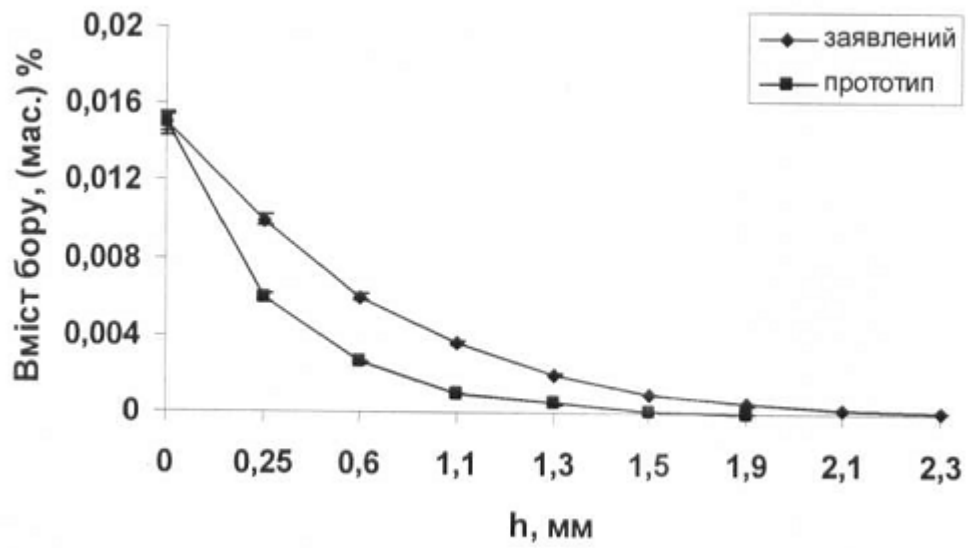


Fig. 1

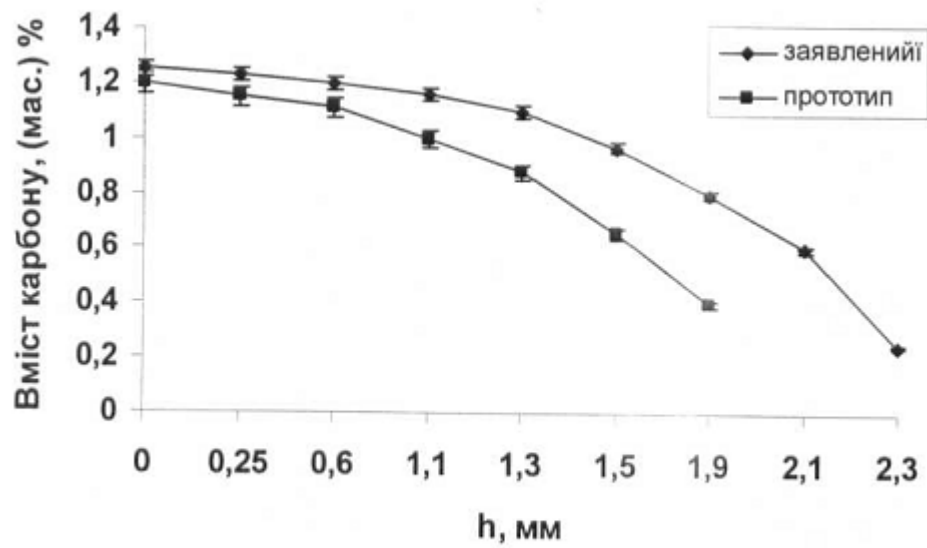


Fig. 2