



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **116178** (13) **U**
(51) МПК (2017.01)
C23C 8/00
C25D 5/50 (2006.01)
B05D 5/00
B23H 9/00

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

<p>(21) Номер заявки: u 2016 11989</p> <p>(22) Дата подання заявки: 25.11.2016</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 10.05.2017</p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 10.05.2017, Бюл.№ 9</p>	<p>(72) Винахідник(и): Акімов Олег Вікторович (UA), Костик Катерина Олександрівна (UA), Костик Вікторія Олегівна (UA)</p> <p>(73) Власник(и): НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ "ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ", вул. Фрунзе, 21, м. Харків-2, 61002 (UA)</p>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

(54) СПОСІБ ПОВЕРХНЕВОГО ЗМІЦНЕННЯ СТАЛЕВИХ ВИРОБІВ

(57) Реферат:

Спосіб поверхневого зміцнення сталевих виробів включає нанесення на поверхню деталі обмазки, до складу якої входить боровмісна речовина і активатор, сушіння і нагрівання струмами високої частоти. В обмазці як боровмісну речовину використовують аморфний бор і активатор фторид літію. Нагрівання проводять при температурі 800-1100 °С протягом 1-5 хвилин.

UA 116178 U

Корисна модель належить до металургії і машинобудування, а саме до способів поверхневого зміцнення металів методами хіміко-термічної обробки, зокрема процесами дифузійного насичення атомарним бором сталевих виробів, і може бути використана в багатьох галузях машинобудування, металургійній та приладобудівній промисловості для підвищення терміну служби деталей оснащення, експлуатаційних властивостей (твердості, міцності, зносостійкості, корозійної стійкості та ін.) поверхневих дифузійних шарів інструментів, штампувального і пресового обладнання, різних сопел, мундштуків і насадок. Особливістю способу є інтенсивне борування при нагріванні струмами високої частоти деталей в обмазках для їх поверхневого зміцнення.

Відомий "Спосіб борування деталей" [1], що складається з нанесення на поверхню деталі обмазки, до складу якої входить карбід бору, кріоліт і зв'язуюче, сушіння і нагрівання. Попередньо наноситься хімічне покриття з розчину, складу в г/л: сірчаноокислий кобальт 25-35, сірчаноокислий нікель 25-35, лимоннокислий натрій 90-110, гіпофосфіт натрію 20-30, хлористий амоній 40-60, аміак 45-60 мл, при температурі 90-95 °С протягом 45 хв. при рН розчину 9-10 і після того наноситься обмазка, у якій як зв'язуюче використовується розчин клею БФ в ацетоні, і вона додатково містить оксид заліза, рідке скло та активатор - фторид натрію, при такому співвідношенні (мас. %): карбід бору 51-45, кріоліт 1815, оксид заліза 6-3, фторид натрію 5-2, рідке скло 5-15, розчин 90 % клею БФ і 10 % ацетону 5-30, а нагрівання проводять при температурі 1100-1200 °С протягом 30-40 секунд струмами високої частоти. Сформований зміцнений шар має структуру білих шарів і містить бориди, має товщину 180 мкм та мікротвердість не менше 9 ГПа.

Недоліками даного способу є недостатня твердість поверхневого шару (до 9 ГПа), що не дозволяє одержати достатньо зносостійкий шар на сталевих виробках, а також необхідність додаткового нанесення попереднього хімічного покриття, що ускладнює і подовжує за часом технологічний процес.

Відомий спосіб "Обмазка для диффузійного борировання" [2] оснований на дифузійному боруванні з обмазок при нагріванні струмами високої частоти. При цьому обмазка має такий склад (мас. %): аморфний бор 18-30; карбід бору 20-15; тетрафтороборат калію 1-3; кріоліт 3-2; розчин ПВА-9 - решта. Після нанесення активної обмазки наноситься захисна обмазка, що складається з 50 % борної кислоти та 50 % маршаліта, замішаної на тій самій зв'язці, після чого проводиться просушування обмазок. Процес насичення здійснюється контактним електронагріванням зі швидкістю 10-300 °С/с за 3-5 хвилин при температурі 950-1000 °С. У результаті такої зміцнюючої обробки за прийнятими режимами утворювався зміцнений шар, що містив бориди товщиною 140 мкм і поверхневою твердістю H_{100} -1950-2050 кг/мм².

Недоліками даного способу є недостатня товщина зміцненого шару, висока крихкість даного шару, велика кількість компонентів ускладнює виготовлення обмазки, а необхідність додатково використовувати захисну обмазку збільшує тривалість технологічного процесу, що призводить до додаткових витрат.

Найбільш близьким до заявлюваного по технічній суті і призначенню є "Спосіб отримання дифузійного борованого покриття на робочих поверхнях деталей машин" [3]. Відомий спосіб складається з нанесення на поверхню зміцнювальної деталі обмазки, в склад якої входить карбід бору і зв'язуюче, сушіння і нагрівання. В обмазці як зв'язуюче використовується розчин клею БФ в ацетоні, і вона додатково містить оксид заліза, деревне вугілля та активатор - фторид натрію, при такому співвідношенні (мас. %): карбід бору 60-55, оксид заліза 20-15, деревне вугілля 8-12, фторид натрію 1-3, клей БФ 8-10, ацетон 3-5. Нагрівання проводять при температурі 1150-1200 °С протягом 20-25 секунд струмами високої частоти.

Основним і суттєвим недоліком способу-прототипу є висока температура борування 1150-1200 °С, що збільшує енергоємність, а також призводить до утворення евтектики в поверхневих шарах, недостатній час витримки протягом 20-25 секунд струмами високої частоти, при цьому отримане боридне покриття має низьку твердість (9-10 ГПа), що не забезпечує високі експлуатаційні властивості виробів.

Задача корисної моделі полягає в удосконаленні відомого способу отримання дифузійного борованого покриття на робочих поверхнях деталей машин таким чином, щоб, уникнувши деформування виробів, інтенсифікувати процес ХТО, отримати покриття з більшою твердістю і з кращими показниками експлуатаційних властивостей сталевих виробів, зниження трудомісткості процесу і поліпшення умов праці при насиченні поверхні деталей бором.

Технічний результат забезпечується тим, що в рішенні, яке пропонується і яке включає нанесення на поверхню деталі обмазки, до складу якої входить боровмісна речовина і активатор, сушіння і нагрівання струмами високої частоти, згідно з корисною моделлю, в обмазці як боровмісну речовину використовують аморфний бор і активатор фторид літію при

такому співвідношенні (мас. %): аморфний бор 90-75, фторид літію 10-25. Складові перемішують в сухому стані, потім додають зв'язувальні компоненти розчин клею БФ-2 в ацетоні і 96-% спирт для досягнення необхідної консистенції обмазки. Борування здійснюють нагріванням струмами високої частоти при температурах від 800 °С до 1100 °С залежно від марки сталі впродовж 1-5 хв.

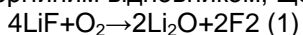
Інтенсифікувати процес борування при зниженні температури та спрощенні процесу зі зменшенням енерговитрат, тобто пришвидшити дифузію атомів бору вглиб матеріалу і отримати поверхневе зміцнення сталевих виробів (товщину, мікротвердість та ін.), що досягається заміною карбіду бору на більш термодинамічно активний аморфний бор та введення активатора фтористого літію, які відрізняються підвищеною насичуючою здатністю. Застосування активатора фтористого літію 10-25 % дозволяє збільшити твердість покриття до 18-22 ГПа у порівнянні з використанням фтористого натрію лише 1-3 % за рахунок прискорення отримання атомарного бору для насичення поверхні виробу.

Нагрівання струмами високої частоти здійснювали ламповим генератором ВЧГ 60-3/0,44 до температури від 800 °С до 1100 °С залежно від марки сталі. Температура борування вибиралася відповідно температури гартування сталі для поєднання двох технологічних процесів, що скорочує час ХТО і тим самим дозволяє суттєво зменшити витрати на технологічний процес.

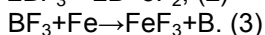
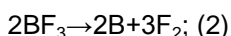
Від прототипу спосіб поверхневого зміцнення сталевих виробів, що заявляється, відрізняється тим, що в обмазці як боровмісну речовину використовують аморфний бор 90-75 % і активатор фторид літію 10-25 %, а процес борування проводять нагріванням струмами високої частоти при температурах 800-1100 °С впродовж 1-5 хв.

Позитивний ефект пояснюється наступним призначенням компонентів, що вводяться. Заміна карбіду бору на більш термодинамічно активний аморфний бор приводить до інтенсифікації процесу борування при зниженні температури. Цей компонент обмазки (аморфний бор) має мінімальний розмір частинок до 10 нм, що становлять основу порошку. Це дозволяє інтенсифікувати хімічні і дифузійні процеси за рахунок великої активної площі зіткнення частинок між компонентами порошку і поверхнею виробу. В порівнянні з іншими боровмісними речовинами аморфний бор є найбільш дешевою сировиною з високим вмістом бору.

Введення фтористого літію при нагріванні до температур насичення приводить до його взаємодії з бором і киснем, що утворює захисну оболонку типу $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$, яка не дозволяє розтікатися суміші і забезпечує захист від кисню. Літій є лужним металом, який виступає енергійним відновником, що легко згорає (Li_2O) при нагріві по формулі:



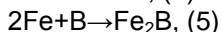
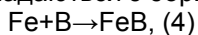
Фтористий літій є активатором дифузійного процесу борування. Крім того, фтористий літій є постачальником фтору F_2 , який взаємодіє з аморфним бором, утворюючи сполуку BF_3 . Утворена хімічна сполука BF_3 частково дисоціює з утворенням атомарного бору, а також частково взаємодіє з нагрітою поверхнею заліза з утворенням атомарного бору за реакціями 2 і 3:



Продуктом реакції 3 є сполука FeF_3 , яка є хімічно нестійкою і відразу ж розпадається з утворенням вільного фтору. Фтор знову взаємодіє з аморфним бором, утворюючи BF_3 , після чого знову повторюється процес отримання атомарного бору. Ці реакції носять замкнутий цикл і діють безперервно весь період насичення, що забезпечує доставку на поверхню сталевих виробів все нових і нових порцій атомарного бору. Таким чином, транспортером атомів бору від боровмісних сполук до поверхні насичення є вільний фтор в сполуці BF_3 .

Дифузійні шари на сталях отримували за допомогою індукційного нагріву струмами високої частоти для значного прискорення процесу борування. Високочастотний нагрів сталевих виробів обумовлює фазове перетворення, в першу чергу, поверхневого шару незначної глибини в результаті досягнення ним температури 800-1100 °С. При цьому відбувається активна адсорбція атомів насичувального елемента, що веде до підвищення температури перетворення $\gamma \leftrightarrow \alpha$ в поверхневій зоні за рахунок адсорбованих атомів. Таким чином, активна адсорбція продовжується ще якийсь час. У цей момент розташований нижче шар досягає температури фазового перетворення, що приводить до переміщення адсорбованих атомів з поверхневої зони углиб. За короткий час утворюється дифузійний шар значної товщини.

Борування при індукційному нагріві дозволяє отримати на поверхні структури, які складаються з боридів заліза, карбоборидів. Бориди заліза утворюються за реакціями 4 і 5:



Швидкість дифузії бору по границях аустенітних зерен більша, ніж по тілу зерна. Тому саме границі в першу чергу збагачуються бором і там починається процес утворення боридів. Після борування робилось гартування, тому цей аустеніт перетворюється в мартенсит. В борованому шарі крім боридів Fe_2B , FeB , карбоборидів FeC_rB_m та $\alpha-Fe$, рентгеноструктурним фазовим аналізом підтверджена наявність карбіду бору. Збільшення швидкості нагріву інтенсифікує процес насичення, що пояснюється великою активністю середовища через короткочасний нагрів до робочої температури.

Приклад реалізації способу.

На попередньо очищену та знежирену поверхню зразків наносили шар обмазки, до складу якої входить (мас. %): аморфний бор 90-75 % і фторид літію 10-25 %, товщиною до 2-3 мм з підсушуванням при температурі 90-100 °С впродовж 30-40 хв до повного висихання обмазки. Складові перемішували в сухому стані, потім додавали зв'язувальні компоненти розчин клею БФ-2 в ацетоні і 96-% спирт для досягнення необхідної консистенції обмазки. Борування здійснювали нагріванням струмами високої частоти при температурах від 800 °С до 1100 °С залежно від марки сталі впродовж 1-5 хв.

Було досліджено процес борування СВЧ на структуру, товщину, фазовий склад, мікротвердість поверхневих шарів зразків на сталях 45, У8, У12, 40Х, 5ХНМ, Р6М5, Р18 методами металографічного аналізу з використанням мікроскопу МИМ-8 з цифровою приставкою, ДРОН-3, ПМТ-3.

Аналіз отриманих результатів показав, що після борування сталевих виробів струмами високої частоти отримали боридні шари більшої товщини (до 0,24 мм) і більшої мікротвердості (до 22,5 ГПа) у порівнянні зі способом-прототипом. Рентгеноструктурний фазовий аналіз досліджуваних сталей виявив наявність боридів, карбоборидів та $\alpha-Fe$. Зі збільшенням часу боридний шар росте. Швидкість росту боридного шару при електронагріві значно вища, і після 1-5 хв розміри шарів більші, ніж при нагріванні по способу-прототипу. При цьому зберігається закономірність - найвища швидкість росту реєструється у сталі 45 і вона зменшується зі збільшенням вмісту вуглецю і легувальних елементів у сталях У8, У12, 40Х, 5ХНМ, Р6М5, Р18. Менше 1 хв нагрівання СВЧ товщина дифузійного шару недостатня на всіх зразках. Тривалість борування при індукційному нагріві більше 5 хв призводить до зниження твердості поверхні покриття, що спричиняє знеміцненню сталевих виробів за рахунок утворення евтектичних структур боридного шару та оплавлення поверхні, що неприпустимо для точних деталей та інструментів.

З приведених результатів витікає, що запропонований спосіб поверхневого зміцнення сталевих виробів забезпечує у порівнянні з відомими такі переваги:

- збільшує швидкість отримання дифузійних шарів в 1,7-2,5 рази;
- підвищує поверхневу мікротвердість сталевих виробів в 2-2,25 рази;
- підвищує експлуатаційні властивості сталевих виробів;
- суттєво знижує трудомісткість процесу при значній економії електроенергії за рахунок скорочення компонентів в обмазці та зниження температури обробки на 100 °С в порівнянні з прототипом;
- підвищує технологічність і поліпшення умов праці.

Застосування способу поверхневого зміцнення сталевих виробів, що пропонується, дозволить суміщати хіміко-термічну обробку (борування) з операцією термообробки (гартування), що підвищить термін служби деталей оснащення, експлуатаційних властивостей дифузійних шарів інструментів, штампувального і пресового устаткування.

У сукупності ці переваги заявлюваного способу поверхневого зміцнення сталевих виробів забезпечують значний екологічний, соціальний та економічний ефекти.

Джерела інформації:

1. Пат. UA 102035 Україна, МПК C23C 8/68, C23C 8/70, C23C 10/02, C23C 22/02. Спосіб борування деталей / Стецько А.Є.; заявник патентовласник Українська академія друкарства. - № а201203463; заяв. 23.03.2012; опубл. 27.05.2013, Бюл. №10.

2. Авторське свідоцтво SU 1754794 СССР. МПК⁷ C23C 8/70. Обмазка для диффузионного борирования / Пресман Ю.Н., Калиниченко И.А., Максимова Т.Ю., Афанасьев Н.И.; заявитель патентообладатель Гомельский конструкторско-технологический и экспериментальный институт по техническому перевооружению и подготовке производства. - № 4837849/02; заяв. 27.04.1990; опубл. 15.08.1992, Бюл. № 30.

3. Пат. UA 93811 Україна, МПК C23C 10/02, C23C 12/02, C23C 10/00, B05D 1/00. Спосіб отримання дифузійного борованого покриття на робочих поверхнях деталей машин / Стецько А.Є.; заявник патентовласник Українська академія друкарства. - № а201001756; заяв. 18.02.2010; опубл. 10.03.2011, Бюл. №5.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

- 5 Спосіб поверхневого зміцнення сталевих виробів, що включає нанесення на поверхню деталі обмазки, до складу якої входить боровмісна речовина і активатор, сушіння і нагрівання струмами високої частоти, який **відрізняється** тим, що в обмазці як боровмісну речовину використовують аморфний бор і активатор фторид літію, при такому співвідношенні (мас. %):
- | | |
|--------------|--------|
| аморфний бор | 90-75 |
| фторид літію | 10-25, |
- а нагрівання проводять при температурі 800-1100 °С впродовж 1-5 хвилин.

Комп'ютерна верстка Г. Паяльніков

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Василя Липківського, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601