



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **109188** (13) **U**
(51) МПК (2016.01)
C23C 8/70 (2006.01)
B05D 5/00

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2016 03093	(72) Винахідник(и): Чернега Світлана Михайлівна (UA), Поляков Ігор Анатолійович (UA), Красовський Михайло Олександрович (UA), Кузнецов Валерій Дмитрович (UA)
(22) Дата подання заявки: 25.03.2016	
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 10.08.2016	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 10.08.2016, Бюл.№ 15	(73) Власник(и): НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ "КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ", просп. Перемоги, 37, м. Київ, 03056 (UA)

(54) СПОСІБ БОРОМІДНЕННЯ СТАЛЕВИХ ВИРОБІВ

(57) Реферат:

Спосіб бороміднення сталевих виробів включає розміщення порошкової суміші та виробів в тиглях, їх герметизацію, нагрівання до температури бороміднення, витримку, дифузійне насичення бором та міддю і охолодження. Процес дифузійного насичення бором та міддю проводять в порошковій суміші із одночасною дією зовнішнього магнітного поля з магнітною індукцією 0,28-0,36 кА/м (0,35-0,45 мТл).

UA 109188 U

Корисна модель належить до хіміко-термічної обробки сталевих виробів, деталей і вузлів, що працюють в умовах зносу, і може бути використано в машинобудуванні, суднобудуванні, інструментальному виробництві та харчовій промисловості.

Відомим аналогом є спосіб бороміднення вуглецевої сталі 45, що включає нагрів контейнера із порошковою сумішшю та сталевими виробами до температури 950 °С, з витримкою протягом 6 годин. Після чого контейнери охолоджують разом з піччю до 350 °С, а потім на повітрі. Процес дифузійного насичення проводять в порошковій суміші при співвідношенні компонентів: карбід бору - 84 мас. %; $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ -16 мас. %, NH_4Cl -2,5 мас. %, Al_2O_3 -2,5 мас. % та порошкоподібна мідь в кількості 2,4 і 8 мас. % [1].

Недоліком аналога є тривалий процес насичення сталі бором та міддю в порошковій суміші.

Найближчим аналогом до корисної моделі є спосіб бороміднення штампового інструменту для гарячої штамповки із сталі 7 × 3, в якому проводять прогартування карбіду бору при температурі 400-450 °С протягом 1-1,5 години, після чого суміш із порошоків 96-98 % B_4C і 2-4 % Cu та деталями поміщають в контейнери. Процес бороміднення проводять в контейнері при температурі 910-920 °С, з витримкою протягом 6 годин. Охолодження контейнерів відбувається разом з піччю до температур 400-450 °С, потім - на повітрі до температури 50-80 °С. Після вивантаження з контейнера штамповий інструмент очищають від слідів карбіду бору сухою ганчіркою [2].

Недоліком найближчого аналога є низька швидкість росту боридних голок, що приводить до збільшення тривалості насичення штампового інструменту. Крім того, отримані таким способом бороміднені покриття мають недостатню зносостійкість тому, що додавання до порошкової суміші порошкоподібної міді не призводить до утворення в сформованому боридному покритті окремих виділень фази міді, яка при зношуванні виконує роль твердого мастила.

В основу корисної моделі поставлена задача вдосконалення способу бороміднення сталевих виробів, зменшення тривалості дифузійного насичення бором та міддю, підвищення мікротвердості та зносостійкості сталевих виробів за рахунок використання зовнішнього магнітного поля (ЗМП) напруженістю 0,28-0,36 кА/м (0,35-0,45 мТл).

Поставлена задача вирішується тим, що спосіб бороміднення сталевих виробів, що включає розміщення порошкової суміші та виробів в тиглях, їх герметизацію, нагрівання до температури бороміднення, витримку, дифузійне насичення бором та міддю і охолодження, згідно з корисною моделлю, процес дифузійного насичення бором та міддю проводять в порошковій суміші із одночасною дією зовнішнього магнітного поля з магнітною індукцією 0,28-0,36 кА/м (0,35-0,45 мТл) з наступним співвідношенням компонентів мас. %:

оксид міді 2÷10

фторопласт 1÷2

технічний карбід бору решта.

Корисну модель виконують наступним чином.

Сталеві вироби із сталі 45 поміщають у герметичний контейнер з плавким затвором. Проводять рівномірну закладку компонентів порошкової суміші, герметизують і поміщають в нагріту до температури дифузійного бороміднення (910-1000 °С) піч.

Піч із завантаженими в неї тиглями поміщають в соленоїд та витримують протягом 10-15 хв. Після витримки вмикають трансформатор, який підключають до соленоїда. В результаті проходження струму через витки соленоїда виникає магнітна індукція величиною 0,28-0,36 кА/м (0,35-0,45 мТл).

При нагріванні тиглів до температури дифузійного бороміднення вище 910 °С в порошковій суміші на поверхні сталевих виробів утворюється плівка з B_2O_3 , яка слугує джерелом двох- та тривалентних іонів бору, які мають свої магнітні моменти. ЗМП взаємодіє з іонами бору і спричиняє направлений рух іонів бору до сталевій поверхні виробу та прискорює утворення боридних фаз FeB та Fe_2B . ЗМП спричиняє зміщення в розташуванні спінів в атомах ґратки аустеніту, що впливає на ефективний радіус атома аустеніту і, як наслідок, призводить до незначного розширення пор в кристалічній ґратці. Останнє, в свою чергу, зменшує енергію активації для дифузійного проникнення атомів.

Формування активних атомів міді в результаті реакції відновлення із сполуки Cu_2O та за наявності локальних контактів рідкої фази B_2O_3 , яка входить до складу технічного карбіду бору, з металевою поверхнею, що насичується, відбувається локальна інтенсивна дифузія атомів міді в поверхневі шари сталевих виробів, що призводить до утворення твердих розчинів заміщення $(\text{Fe}, \text{Cu})\text{B}$ та $(\text{Fe}, \text{Cu})_2\text{B}$ та виділення окремих включень Cu в боридних фазах. Cu фаза підвищує зносостійкість боридних фаз за умов сухого тертя - ковзання, кочення тому, що включення Cu виконують роль твердого мастила, що призводить до зменшення інтенсивності зношування.

В результаті дифузійного бороміднення в умовах дії ЗМП формуються боридні шари, які складаються з фаз FeB, Fe₂B та окремої фази Cu. Частина атомів Fe в кристалічні ґратці фаз FeB та заміщується атомами міді з утворенням фаз (Fe, Cu)B та (Fe, Cu)₂B про що свідчить зміна параметрів кристалічних ґраток вказаних фаз відповідно даних аналізу (табл. 1).

5

Таблиця 1

Параметри кристалічних ґраток фаз та кількісний фазовий аналіз після комплексного насичення бором та міддю в різних фізико - хімічних умовах

Процес насичення	Назва фази	Параметри кристалічної ґратки, Å			Об'єм (Å ³)	Вміст фаз (%)
		a	b	c		
Бороміднення без ЗМП	FeB	4,053	5,494	2,942	65,52	62,0
	Fe ₂ B	5,096	5,096	4,247	110,29	30,5
	Fe	2,949	2,949	2,949	25,64	3,5
	Cu	3,669	3,669	3,669	49,40	4,0
Бороміднення + ЗМП	FeB	4,054	5,493	2,942	65,51	81,1
	Cu	3,607	3,607	3,607	46,91	18,9

Після закінчення процесу дифузійного насичення бором та міддю припиняють подачу струму на соленоїд та дістають тиглі із печі. Тиглі із порошковою сумішшю та сталевими виробами охолоджують до кімнатної температури і розпаковують. В результаті такого процесу отримують вироби із чистою поверхнею без налипання часток порошкової суміші, яка легко відділяється від деталей без додаткового очищення.

10

В таблиці 2 наведено дані по зносостійкості, мікротвердості й товщині боридних покриттів в залежності від фізико - хімічних умов процесу насичення (при одночасній дії ЗМП та без його впливу) на сталі 20 та сталі 45.

15

Таблиця 2

Зносостійкість, мікротвердість й товщина бороміднених покриттів в залежності від фізико - хімічних умов насичення та вмісту міді в порошковій суміші на сталі 20 та сталі 45

№ п/п	Порошкова суміш	Товщина шару, мкм	Лінійне зношування пари тертя, І, мкм			Мікротвердість, ГПа	
			Шлях тертя (км)				
			1	2	3	FeB	Fe ₂ B
Бороміднення без дії зовнішнього магнітного поля (T = 975 °С, τ = 1 год.)							
1	6 %Cu ₂ O+93 %B ₄ C+1 %Фп	30-50	6,5	18	28	14,5±0,3	14±0,3
Бороміднення без дії зовнішнього магнітного поля (T = 975 °С, τ = 2 год.)							
2	6 %Cu ₂ O+93 %B ₄ C+1 %Фп	70-100	6,5	15,1	20	14,5±0,3	14±0,3
Бороміднення без дії зовнішнього магнітного поля (T = 975 °С, τ = 4 год.)							
3	6 %Cu ₂ O+93 %B ₄ C+1 %Фп	180-240	6,3	14,7	17,7	14,5±0,3	14±0,3
Бороміднення без дії зовнішнього магнітного поля (T = 975 °С, τ = 6 год.)							
4	6 %Cu ₂ O+93 %B ₄ C+1 %Фп	240-275	6,4	14,6	17,5	15,5±0,3	14,5±0,3
Бороміднення без дії зовнішнього магнітного поля (T = 975 °С, τ =15хв)							
5	6 %Cu ₂ O+93 %B ₄ C+1 %Фп	40-60	5,8	8,4	15,3	17,5±0,3	15,5±0,3
Бороміднення без дії зовнішнього магнітного поля (T = 975 °С, τ = 30 хв)							
6	6 %Cu ₂ O+93 %B ₄ C+1 %Фп	50-75	5,5	8,0	11,0	17,5±0,3	15,5±0,3
Бороміднення без дії зовнішнього магнітного поля (T = 975 °С, τ = 1 год.)							
7	6 %Cu ₂ O+93 %B ₄ C+1 %Фп	80-90	5,5	7,8	10,5	17,5±0,3	15,5±0,3
Бороміднення без дії зовнішнього магнітного поля (T = 975 °С, τ = 2 год.)							
8	6 %Cu ₂ O+93 %B ₄ C+1 %Фп	180-220	5,2	7,4	10,3	17,5±0,3	15,5±0,3

Таким чином (як видно з таблиці 2), застосування способу бороміднення сталевих виробів підвищує товщину бороміднених покриттів при однаковій тривалості насичення протягом 2 годин. При зменшенні тривалості насичення отримують однакові товщини покриттів. Використання ЗМП також підвищує мікротвердість на 1-2 ГПа та зносостійкість в 1,5-1,7 рази (шлях тертя 3 км).

20

Джерело інформації:

1. Похмурский В. И. Повышение долговечности деталей машин с помощью диффузионных покрытий / В. И. Похмурский, В. Б. Далисов, В. М. Голубец. - К.: Наукова думка, 1980. - 188 с.
2. Евдокимов В. Д. Технология упрочнения машиностроительных материалов / В. Д. Евдокимов, Л. П. Клименко, А. Н. Евдокимова. -К.: Професіонал, 2006. - С. 114-115.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

- 10 Спосіб бороміднення сталевих виробів, що включає розміщення порошкової суміші та виробів в тиглях, їх герметизацію, нагрівання до температури бороміднення, витримку, дифузійне насичення бором та міддю і охолодження, який **відрізняється** тим, що процес дифузійного насичення бором та міддю проводять в порошковій суміші із одночасною дією зовнішнього магнітного поля з магнітною індукцією 0,28-0,36 кА/м (0,35-0,45 мТл), з наступним співвідношенням компонентів, мас. %:
- | | |
|-----------------------|--------|
| оксид міді | 2÷10 |
| фторопласт | 1÷2 |
| технічний карбід бору | решта. |
- 15

Комп'ютерна верстка Г. Паяльніков

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

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