



УКРАЇНА

(19) UA (11) 62980 (13) U
(51) МПК (2011.01)
C22C 28/00

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ ОБРОБКИ СТАЛІ

1

2

(21) u201101886

(22) 18.02.2011

(24) 26.09.2011

(46) 26.09.2011, Бюл. № 18, 2011 р.

(72) ДУРЯГІНА ЗОЯ АНТОНІВНА, ЩЕРБОВСЬКИХ
НАТАЛІЯ ВАЛЕНТИНІВНА(73) НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ "ЛЬВІВСЬКА
ПОЛІТЕХНІКА"

(57) Спосіб обробки сталі, що включає нанесення обмазки на поверхню та лазерне легування, який **відрізняється** тим, що обмазку, яка містить 40-50% Nb; 20-30 % MoSi₂ на основі рідкого скла, наносять на поверхню шаром товщиною 10-25 мкм, а лазерне легування проводять при швидкості сканування променя за поверхнею зразка 1690 мм/хв.

Корисна модель належить до металургії, а саме до галузі підвищення корозійної тривкості та мікротвердості, границі міцності сталі аустенітного класу і може бути використана для підвищення корозійної тривкості та мікротвердості сталі 12X18H10T, з якої виготовляють деталі теплообмінників, що використовуються у хімічній та нафтопереробній промисловості.

Відомий спосіб обробки сталі, що включає нанесення обмазки на поверхню та лазерне легування [Дурягіна З.А., Лазько Г.В. Структура та властивості сталі 12X18H10T після комплексного лазерного легування // Фізика і хімія твердого тіла. - 2009. - Т. 10 (№3). - С. 665 - 669].

Згідно з цим способом зносотривкість, що визначається показником несучої спроможності поверхні після лазерного легування зростає лише до 1,5 р., що спричинене збільшенням інтегральної мікротвердості у 4 р. Крім того, товщина легованого шару складає 265-320 мкм, і являє собою механічну суміш високолегованого γ -твердого розчину із дисперсними включеннями вторинних фаз (Cr₇C₃, TiC, NbC_{0,5}, Cr₄C) та нітридів (SiN₄, TiN), що не забезпечує достатнього підвищення корозійної тривкості поверхневих шарів для тривалої експлуатації без ремонтів теплообмінників у хімічній та нафтопереробній промисловості.

В основу корисної моделі поставлене завдання створити спосіб обробки сталі, який би за рахунок нових дій та складу обмазки дозволив би підвищити корозійну тривкість та мікротвердість сталі аустенітного класу та тим самим продовжити строк роботи деталей теплообмінників, що

використовуються у хімічній та нафтопереробній промисловості.

Поставлена задача вирішується тим, що в спосіб обробки сталі, що включає нанесення обмазки на поверхню та лазерне легування, згідно з корисною моделлю, обмазку, яка містить 40-50 % Nb; 20-30% MoSi₂ на основі рідкого скла, наносять на поверхню шаром товщиною 10-25 мкм, а лазерне легування проводять при швидкості сканування променя за поверхнею зразка 1690 мм/хв.

Внаслідок застосування швидкості сканування променя за поверхнею зразка 1690 мм/хв. та зміни складу обмазки відбувається утворення поверхневого шару субмікродисперсної структури гетерогенної будови товщиною 80-90 мкм. Поверхневий шар складається з високолегованого Fe_γ (C, Cr, Ni, N, Mo) твердого розчину, карбідів NbC, Mo₂C, SiC, TiC, що в поєднанні з карбідами хрому (Cr₇C₃, Cr₄C) підвищують зносотривкість та границю міцності сталі, а нітриди TiN, NbN, MoN, SiN₄, Fe₄N, Cr₂N підвищують корозійну тривкість сталі. В результаті оптимального співвідношення розміру та складу структурних складових відбувається підвищення мікротвердості у 2,3 р., границі міцності - у 2,4 р., зносотривкості - в середньому у 8,1 р., а корозійної тривкості в 5 % розчині HCl - у 39,7 р. порівняно із вихідним станом. Це дозволить продовжити строк роботи теплообмінників без ремонту, оскільки не буде потреби відновлювати деталі, виготовлені із сталі 12X18H10T з лазернолегованими поверхневими шарами.

Для того, щоб підвищити корозійну тривкість та мікротвердість сталі аустенітного класу обмазку, яка містить 40-50 % Nb; 20-30 % MoSi₂ на основі рідкого скла наносять на поверхню

(19) UA (11) 62980 (13) U

шаром товщиною 10-25 мкм, а лазерне легування проводять лазером неперервної дії при швидкості сканування променя за поверхнею зразка 1690 мм/хв, що забезпечує утворення поверхневого шару субмікродисперсної структури гетерогенної будови, що складається з високолегованого Fe_γ (C, Cr, Ni, N, Mo) твердого розчину, карбідів NbC, Mo_2C , SiC, TiC, Cr_7C_3 , Cr_4C та нітридів TiN, NbN, MoN, SiN_4 , Fe_4N , Cr_2N з оптимальним поєднанням мікротвердості, границі міцності, зносотривкості та корозійної тривкості сталі.

Розрахунковим та експериментальним шляхами встановлено, що склад обмазки для забезпечення високої корозійної тривкості та мікромеханічних властивостей (зносотривкості, мікротвердості, границі міцності) сталі аустенітного класу вибраний такого складу: 40-50 % Nb; 20-30 % $MoSi_2$ на основі рідкого скла. Приготовану обмазку пропонованого складу наносять на поверхню

шаром товщиною 10-25 мкм. Легування проводять при швидкості сканування променя за поверхнею зразка 1690 мм/хв. Такий технологічний режим забезпечує утворення поверхневого шару субмікродисперсної структури гетерогенної будови товщиною 80-90 мкм, що складається з високолегованого Fe_γ (C, Cr, Ni, N, Mo) твердого розчину, карбідів NbC, Mo_2C , SiC, TiC, Cr_7C_3 , Cr_4C та нітридів TiN, NbN, MoN, SiN_4 , Fe_4N , Cr_2N . Інтегральна мікротвердість при цьому становить 4,8 ГПа, а границя міцності 1,17 ГПа.

Наприклад, на поверхню зразка із сталі 12X18H10T пензликом наносять шаром товщиною 10-20 мкм попередньо приготовану обмазку пропонованого складу та проводять лазерне легування при 100 % продувці азотом на лазері неперервної дії фірми «TRUMPF» при довжині хвилі випромінювання 10,6 мкм та швидкості сканування променя за поверхнею зразка 1690 мм/хв.

Таблиця 1

Результати вимірювання зносотривкості
поверхневих шарів 12X18H10T після лазерного легування (при навантаженні 0,52 МПа) сталі

Час, год	Вихідний стан	Контртіло	Після лазерного легування	Контртіло
0.5	0.022	0.13	0.003	0.24
1	0.024	0.151	0.005	0.39
1.5	0.031	0.194	0.012	0.45
2	0.038	0.231	0.017	0.53
2.5	0.045	0.313	0.021	0.614
3	0.057	0.371	0.023	0.741
3.5			0.027	0.761
4			0.029	0.82

Таблиця 2

Результати вимірювання зносотривкості поверхневих шарів
12X18H10T після лазерного легування (при навантаженні 0,68 МПа) сталі

Час, год	Вихідний стан	Контртіло	Після лазерного легування	Контртіло
0.5	0.035	0.208	0.004	0.26
1	0.04	0.339	0.009	0.39
1.5	0.048	0.43	0.011	0.435
2	0.059	0.537	0.014	0.562
2.5	0.0632	0.551	0.017	0.625
3	0.0701	0.593	0.019	0.742
3.5		0.658	0.021	0.785
4		0.679	0.023	0.8

Таблиця 3

Результати вимірювання мікротвердості сталі 12X18H10T після лазерного легування

Мікротвердість, ГПа	4,8	4,8	4,05	2,68	2,1	2,09	2,1	2,09
Глибина, мкм	22	34	65	74	94	144	169	200

Таблиця 4

Розрахункові дані, одержані за методом мікроідентування
для побудови кривої «напруження - деформація»

Вихідний стан		Після лазерного легування	
σ , ГПа	ε , %	σ , ГПа	ε , %
0.521333	33.81931	1.278333	32.60452
0.521	25.83818	1.278	24.67279
0.520667	19.20103	1.277667	18.1481
0.520333	13.74123	1.277333	12.8595
0.475333	9.37644	1.218	8.724492
0.328667	6.004467	0.979333	5.637354
0.208	3.405322	0.709333	3.296253
0.143667	1.546224	0.644	1.639257
0.090333	0.429617	0.545	0.705422

Таблиця 5

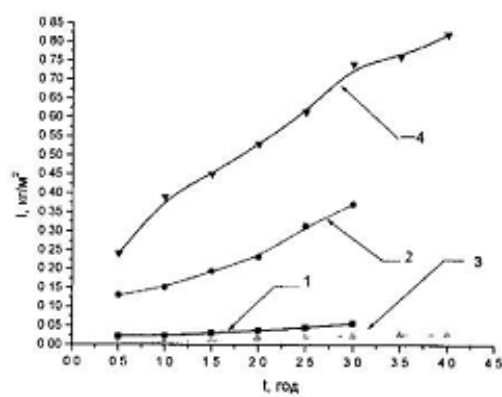
Корозійно - електрохімічні властивості поверхневих шарів у 5 % розчині HCl

Стан поверхневих шарів	Е _{ст.} Вольт	R _p , Ом*см ²	I _{кор} (м ²)	V _{кор} , г/м ² *год	Підвищення корозійної тривкості, разів
Вихідний	-0,23	92,96	1,3901	1,4523	-
Лазерне легування	0,05	3690	0,035	0,036	39,7

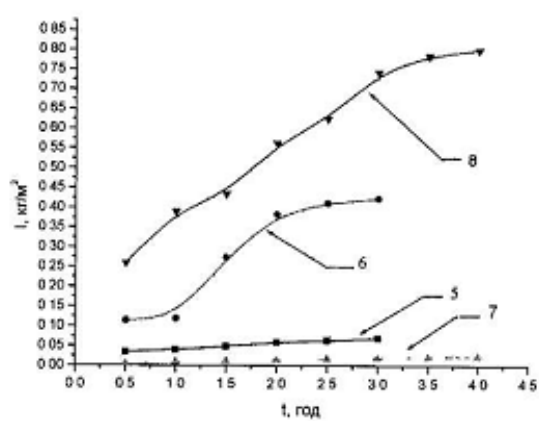
В таблицях 1 та 2 наведені результати вимірювань зносотривкості сталі 12X18H10T при навантаженні 0,52 Н та 0,68 Н відповідно. Побудовані за цими даними графічні залежності інтенсивності пар тертя «сталі 12X18H10T - контртіло» зображені на фіг. 1. При цьому крива 1 - сталь у вихідному стані; 2 - контртіло; 3 - сталь після лазерного легування; 4 - контртіло при навантаженні 0,52 МПа (а); 5 - сталь у вихідному стані; 6 - контртіло; 7 - сталь після лазерного легування; 8 - контртіло при навантаженні 0,68 МПа (б). У таблиці 3 наведені результати вимірювання мікротвердості сталі 12X18H10T після лазерного легування. Відповідна графічна залежність характеру зміни мікротвердості сталі 12X18H10T після лазерного легування зображена на фіг. 2. - крива 9. У таблиці 4 наведено розрахункові дані, одержані за методом мікроідентування для побудови кривої «напруження - деформація». Побудовані за цими даними графічні залежності зображені на фіг. 3. Причому, 10 - крива «напруження -

деформація» побудована за методом мікроідентування для сталі 12X18H10T у вихідному стані; 11 - після лазерного легування. У таблиці 5 наведено корозійно - електрохімічні властивості поверхневих шарів у 5% розчині HCl у вихідному стані та після лазерного легування.

Зносотривкість поверхневих шарів сталі 12X18H10T після лазерного легування підвищилася в середньому у 8,1 р., а мікротвердість - у 2,3 р. границя міцності - у 2,41 р., корозійна тривкість - у 39,7 р. Це пояснюється утворенням під час лазерного легування субмікродисперсного гетерогенного поверхневого шару, у склад якого входять NbC, Mo₂C, SiC, TiC, Cr₇C₃, Cr₄C, TiN, NbN, MoN, SiN₄, Fe₄N, Cr₂N, що забезпечує підвищення корозійної тривкості та мікромеханічних властивостей сталі, і тим самим продовжується ресурс експлуатації теплообмінників, що використовуються у хімічній та нафтопереробній промисловості.

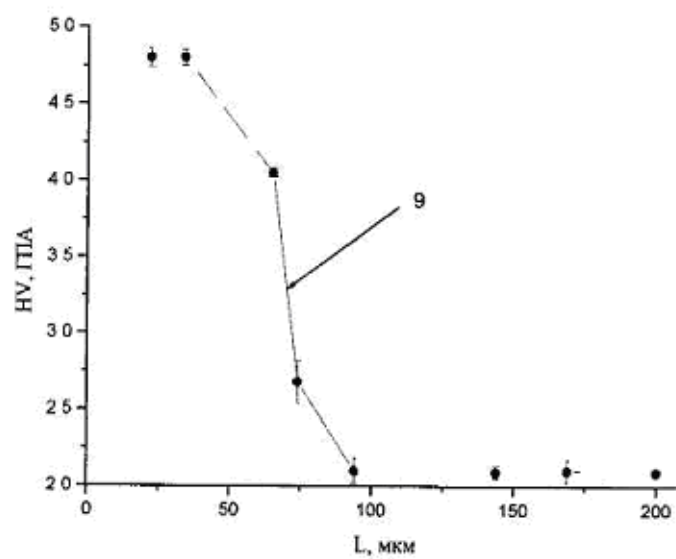


a



б

Фиг. 1



Фиг. 2

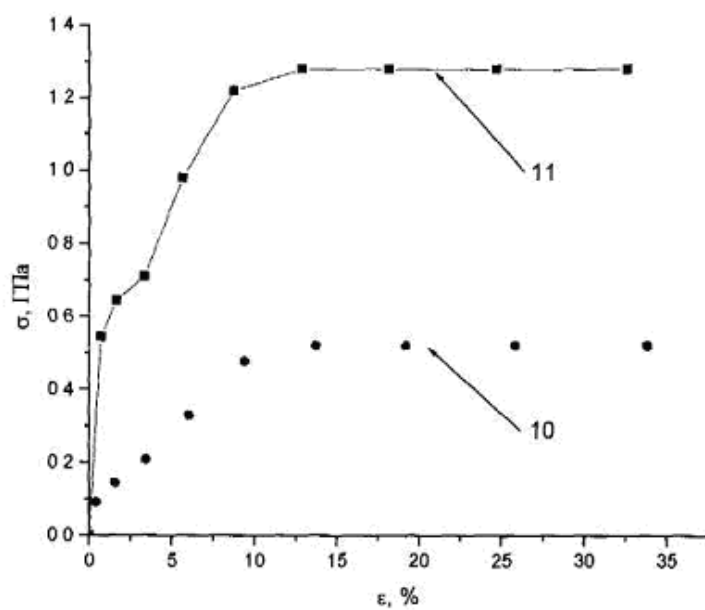


Fig. 3