



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **87940** (13) **C2**  
(51) **МПК (2009)**  
**C21D 1/78**  
**C21D 1/18**  
**C21D 1/09**  
**C21D 1/06**

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

### (54) СПОСІБ ТЕРМООБРОБКИ СТАЛІ

1

(21) а200807554  
(22) 02.06.2008  
(24) 25.08.2009  
(46) 25.08.2009, Бюл.№ 16, 2009 р.  
(72) МАЛІНОВ ЛЕОНІД СОЛОМОНОВИЧ, МАЛІНОВ ВОЛОДИМИР ЛЕОНІДОВИЧ  
(73) ПРИАЗОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
(56) SU, 1 650 728, A1, 23.05.1991  
SU, 1 696 503, A1, 07.12.1991  
UA, 51 137, A, 15.11.2002  
UA, 79 717, C2, 10.07.2007  
UA, 36 892, U, 10.11.2008  
RU, 2 294 384, C1, 27.02.2007  
JP, 06-346141, A, 20.12.1994  
JP, 11-217632, A, 10.08.1999  
Петруненок А.А. Термическая обработка низколегированных сталей для получения ферритно-

2

аустенитно-бейнитной структуры//ФММ.- 1991.- № 5.- С. 93-98  
Малинов Л.С., Ефимова Е.С., Гоманюк В.Д. Свойства бейнитной стали 25ХГ2СРФ после различных режимов термообработки//Тез. докладов XI региональной научно-технич. конфер., т. 2. Мариуполь. ПГТУ, 2004.- С. 63-64  
(57) Спосіб термообробки сталі, який включає її нагрівання в міжкритичному інтервалі температур, витримку, наступне охолодження у воді до інтервалу температур утворення нижнього бейніту, охолодження сталі в даному інтервалі температур на повітрі або витримку в печі при постійній температурі з наступним охолодженням на повітрі, який **відрізняється** тим, що потім додатково здійснюють загартування поверхні сталі нагріванням вище  $A_{c3}$  із застосуванням струмів високої частоти або джерел концентрованої енергії і низький відпуск.

Винахід належить до металургійного виробництва чорних металів, а саме - до способів термообробки.

Відомий спосіб загартування низьковуглецевих низьколегованих сталей з міжкритичного інтервалу температур (МКІТ). У результаті отримують структуру ферит і 25 мас.% мартенситу, що забезпечує низьку міцність і високу пластичність сталі, яка піддається глибокій витяжці (Голованенко С.А., Фонштейн Н.М. // Итоги науки и техники. Металловедение и термическая обработка. - М.: ВИНТИ. - С. 64-120).

Відомий спосіб термообробки, що включає нагрівання (МКІТ) витримку, наступне охолодження в соляній ванні, витримку при постійній температурі в області бейнитного перетворення й охолодження на повітрі (Петруненок А.А. Термическая обработка низколегированных сталей для получения ферритно-бейнитно-аустенитной структуры // ФММ. - 1991. - №5. - С 93-98).

У результаті забезпечується хороше сполучення міцності і високої пластичності, яке не досягається звичайно традиційними обробками в подібних сталях. Однак відомий спосіб припускає використання розплавів солей, що є екологічно небезпечними. Крім того, через присутність фериту в структурі не вдається одержати високу абразивну зносостійкість.

Відомий спосіб термообробки, прийнятий за прототип, з нагріванням у МКІТ, витримки, охолодженням у воді до температурного інтервалу утворення нижнього бейніту, охолодженням у ньому на повітрі або витримкою в печі при постійній температурі з наступним охолодженням на повітрі (Малинов Л.С., Ефимова Е.С., Гоманюк В.Д. Свойства бейнитной стали 25ХГ2СРФ после разных режимов термообработки // Тез. докладов XI региональной научно-технич. конференции, т. 2. Мариуполь, ПГТУ, 2004. - С. 63-64).

(13) **C2**

(11) **87940**

(19) **UA**

Цей спосіб на відміну від попередніх дозволяє одержати той же результат, але без використання неекологічних розплавів солей. Крім того, він також не забезпечує і високого опору абразивному зношуванню, тому що в структурі поверхневого шару стали також, як і в попередньому випадку, є присутнім ферит.

В основу винаходу поставлена задача розробки способу термообробки сталі, у якому нові умови здійснення дозволяють виключити використання розплаву солей, забезпечити підвищену міцність і високу зносостійкість серцевини й абразивну зносостійкість поверхні.

Для рішення поставленої задачі в способі термообробки сталі з нагрівом у МКІТ, витримки, охолодженням у воді до температурного інтервалу утворення нижнього бейніта, охолодженням у ньому на повітрі або витримкою в печі при постійній температурі з наступним охолодженням на повітрі, у відповідності з винаходом, проводять додаткове загартування поверхні з нагрівом вище  $A_{c3}$  застосуванням струмів високої частоти (СВЧ) або джерел концентрованої енергії і низький відпуск. Це дозволяє зберегти підвищені міцність, пластичність і ударну в'язкість серцевини, які не досягаються традиційними способами термообробки, і забезпечити високу абразивну зносостійкість поверхні. Останнє обумовлено одержанням у ній дисперсного мартенситу з високою щільністю дислокацій і підвищеним вмістом вуглецю, відсутністю фериту, а також, що особливо важливо, тим, що в структурі поверхневого шару зберігається підвищена кількість залишкового метастабільного аустеніту ( $\geq 2$  мас.%), що при абразивному впливі перетворюється в мартенсит деформації.

Це підвищує твердість, а також призводить до релаксації мікронапруг. Дослідження проведені на кафедрі "Матеріалознавства" ПГТУ.

#### Приклад 1

Зразки сталі 38ХС нагрівають на  $770^{\circ}\text{C}$ , витримують 60хв, охолоджують у воді до  $360^{\circ}\text{C}$  і поміщають у піч при цій температурі, і після перебування в ній 30хв, охолоджують на повітрі. У результаті термообробки отримані наступні механічні властивості:  $\sigma_{0,2}=1070\text{МПа}$ ,  $\sigma_B=1270\text{МПа}$ ,  $\delta=21\%$ ,  $KCU=0,96\text{МДж/м}^2$ . Потім зразки гартують з нагрівом СВЧ вище  $A_{c3}$  і здійснюють низький відпуск, що підвищує абразивну зносостійкість поверхні в порівнянні з об'ємною термообробкою у 1,65 рази.

#### Приклад 2

Зразки сталі 60С2ХФА нагрівають на  $780^{\circ}\text{C}$ , витримують 60хв, охолоджують у воді до  $350^{\circ}\text{C}$  і поміщають у піч при цій температурі і після перебування в ній 40хв охолоджують на повітрі. У результаті термообробки отримані наступні механічні властивості:  $\sigma_{0,2}=970\text{МПа}$ ,  $\sigma_B=1320\text{МПа}$ ,  $\delta=20\%$ ,  $KCU=0,80\text{МДж/м}^2$ . Потім зразки гартують з нагрівом СВЧ вище  $A_{c3}$  і здійснюють низький відпуск, що підвищує абразивну зносостійкість у порівнянні з об'ємною термообробкою в 1,8 рази.

#### Приклад 3

Зразки сталі 30ХГСА нагрівають на  $780^{\circ}\text{C}$ , витримують 60хв, охолоджують у воді до  $400^{\circ}\text{C}$ , а потім на повітрі. Після термообробки отримані наступні механічні властивості:  $\sigma_{0,2}=790\text{МПа}$ ,  $\sigma_B=1100\text{МПа}$ ,  $\delta=16\%$ ,  $KCU=0,85\text{МДж/м}^2$ . Остаточною термообробкою були плазмове загартування з нагріванням вище  $A_{c3}$  і низький відпуск, що підвищує абразивну зносостійкість у порівнянні з об'ємною термообробкою в 2,2 рази.

Приведені дані показують, що пропонуваний спосіб термообробки дозволяє одержати високий рівень властивостей у серцевині і підвищити абразивну зносостійкість.