ДЕРЖАВНА СЛУЖБА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) UA (11) 65602 (13) U

(51) МПК (2011.01)
C21D 5/00

ОПИС
ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під відповідальність власника патенту

(54) СПОСІБ ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ ВАЛКІВ З ВИСОКОЛЕГОВАНОГО ЧАВУНУ

(21) u201106215
(22) 18.05.2011
(24) 12.12.2011
(46) 12.12.2011, Бюл.№ 23, 2011 р.
(72) СКОБЛО ТАМАРА СЕМЕНІВНА, КЛОЧКО ОКСАНА ЮРІЇВНА, ПОГОРЄЛОВ ВОЛОДИМИР ЯКОВИЧ, ПОГОРЄЛОВ ЮРІЙ ВОЛОДИМИРОВИЧ, ПОПОВ СЕРГІЙ МИКОЛАЙОВИЧ, ЄМАНОВА НАТАЛІЯ ОЛЕКСІЇВНА, СОКОЛОВ РОМАН ГРИГОРОВИЧ
(73) ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА ІМЕНІ ПЕТРА ВАСИЛЕНКА, КЛОЧКО ОКСАНА ЮРІЇВНА

(57) 1. Спосіб термічної обробки валків з високолегованого чавуну, що включає нагрівання виробу до температури магнітного перетворення цементиту, термоциклування відносно точки цього перетворення з наступним охолодженням до визначеної температури і подальшим термоциклуванням відносно цієї температури, який **відрізняється** тим, що для зниження схильності валка до тріщиноутворення під час експлуатації за рахунок найбільш повного розпаду залишкового аустеніту, виріб піддають поетапній термоциклічній обробці, причому час ізотермічної витримки на кожному етапі термоциклічної обробки визначається розміром валка.

2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що на першому етапі термоциклічної обробки, з метою створення напруг від самочинної магнітострикції легованого цементиту і часткового розпаду залишкового аустеніту з утворенням включень цієї фази, проводять нагрівання виробу до температури $t_1=t+21,2\cdot C_e$ (де t_1 - температура магнітного перетворення легованого цементиту, t - температура магнітного перетворення цементиту, C_e - вуглецевий еквівалент), з наступною ізотермічною витримкою при t_1 та охолодженням до t, а на другому етапі проводять обробку, що складається з групи циклів (не менше двох), на кожному з яких для створення напруг від самочинної магнітострикції спеціальних карбідів $Me_{23}C_6$ і Me_7C_3, під дією яких досягається найбільш повний розпад залишкового аустеніту через вміст в них заліза, виконують нагрівання виробу до температури $t_2=t+43,9\cdot C_e$, (де t_2 - температура магнітного перетворення спеціальних карбідів), відповідну ізотермічну витримку виробу при t_2 та повільне його охолодження (разом із піччю) до температури t_{11}, що вище за t_1, причому наприкінці другого етапу обробки, після охолодження до температури t_{11}, для зняття напруг від самочинної магнітострикції спеціальних карбідів і вирівнювання температури по перерізу валка, проводять ізотермічну витримку виробу при температурі t_{11} з подальшим повільним його охолодженням (разом із піччю) до кімнатної температури.

Корисна модель належить до металургії, зокрема, до розробки способів термічної обробки прокатних двошарових валків з високолегованого чавуну.

Відомий спосіб термічної обробки виробів з високовуглецевих сталей і сплавів з вмістом вуглецю більше 1,0 %, який може бути використаний для підвищення міцності прокатних валків шляхом створення напруженого стану в структурі матеріалу внаслідок самочинної магнітострикції, що супроводжується збільшенням дефектності матеріалу /1/. Для досягнення зазначеної мети виріб нагрівають до температури магнітного перетворення цементиту, піддають ізотермічній витримці, охолоджують, а потім відпалюють при температурі, що вище температури магнітного перетворення цементиту, але не перевищує температуру рекристалізації. Недоліком цього способу є те, що його використання не забезпечує розпад залишкового аустеніту, а, отже, унеможливлює підвищення міцності високолегованих валків, зокрема з високохромистого чавуну.

Найбільш близьким до запропонованого рішення є спосіб підвищення твердості й зносостійкості за допомогою термічної обробки чавунних прокатних двошарових валків /2/. Сутність цього

(19) UA (11) 65602 (13) U

способу полягає в нагріванні виробу до температури магнітного перетворення цементиту, з метою створення напруженого стану внаслідок самочинної магнітострикції, термоциклування відносно точки його магнітного перетворення з наступним охолодженням до температури початку мартенситного перетворення $M_н$, та застосуванні додаткової операції в процесі термічної обробки - термоциклування щодо точки $M_н$ - температури початку мартенситного перетворення. Проте, застосування зазначеного способу термообробки є недоцільним для високолегованих, зокрема високохромистих, прокатних валків, оскільки через високий ступінь легованості аустеніту в структурі робочого шару, за умов великих розмірів відливок із різнорідних металів (робочий шар - легований чавун, серцевина - сірий чавун) неможливо забезпечити повний розпад залишкового аустеніту за рахунок одержання мартенситної структури, але за кількістю схожих ознак та технічним результатом дане рішення прийняте за найближчий аналог.

Задачею корисної моделі є підвищення експлуатаційної стійкості валків з високолегованого чавуну (зниження їх схильності до тріщиноутворення), за рахунок забезпечення повного розпаду залишкового аустеніту.

Поставлена задача вирішується за рахунок того, що у відомому способі термічної обробки валків з високолегованого чавуну, що включає нагрівання виробу до температури магнітного перетворення цементиту з термоциклуванням відносно точки його магнітного перетворення, охолодження до температури початку мартенситного перетворення $M_н$ з подальшим термоциклуванням відносно точки $M_н$, відповідно до корисної моделі, з метою зниження схильності валка з високолегованого чавуну до тріщиноутворення при експлуатації та забезпечення найбільш повного розпаду залишкового аустеніту, виріб піддають поетапній термоциклічній обробці, при якій перший етап проводять з метою створення напруг від самочинної магнітострикції легованого цементиту і часткового розпаду залишкового аустеніту з утворенням включень цієї фази (випадання цієї фази із залишкового аустеніту) при температурі t_1 магнітного перетворення легованого цементиту, а на другому етапі проводять обробку, що складається з групи циклів (не менш двох), на кожному з яких, з метою створення напруг від самочинної магнітострикції спеціальних карбідів $Me_{23}C_6$ і Me_7C_3, що містять залізо, з забезпеченням під їх дією найбільш повного розпаду залишкового аустеніту, виконують нагрівання виробу до температури t_2 магнітного перетворення спеціальних карбідів, відповідну ізотермічну витримку виробу при t_2 після кожного циклу нагрівання та повільне його охолодження (разом із піччю) до температури t_{11}, що вище за t_1, причому наприкінці другого етапу обробки, після охолодження до температури t_{11}, з метою зняття напруг від самочинної магнітострикції спеціальних карбідів і вирівнювання температури по перерізу валка, проводять ізотермічну витримку виробу при температурі t_{11} з подальшим повільним охолодженням (разом із піччю) до кімнатної температури, а час витримки на кожному етапі термоциклічної обробки визначається розміром валка.

При цьому температура t_1 магнітного перетворення легованого цементиту та температура t_2 магнітного перетворення спеціальних карбідів визначаються за виразами:

$$t_1 = t + 21{,}2 \cdot C_e, \ °C, \quad (1)$$

$$t_2 = t + 43{,}9 \cdot C_e, \ °C \quad (2)$$

де t - температура магнітного перетворення цементиту, °С;

C_e - вуглецевий еквівалент.

Сутність корисної моделі пояснюється кресленнями, де показано:

фіг. 1 - Графік залежності температур обробки валка Т, при яких проявляється самочинна магнітострикція легованого цементиту t_1^e та спеціальних карбідів ($Me_{23}C_6$ і Me_7C_3) t_2^e, отриманих експериментальним шляхом, від вуглецевого еквівалента C_e високохромистого чавуну;

фіг. 2 - Графік залежності температур обробки валка Т, при яких проявляється самочинна магнітострикція легованого цементиту t_1^p та спеціальних карбідів $Me_{23}C_6$ і Me_7C_3 t_2^p, отриманих теоретично, шляхом розрахунку, від вуглецевого еквівалента C_e високолегованих сплавів;

фіг. 3 - Графік залежності температури Т від часу τ термоциклічної обробки виробу для високохромистих валків в запропонованому способі.

Процес термоциклічної обробки валків з високолегованого чавуну відбувається наступним чином. Спочатку валок з високолегованого, наприклад високохромистого, чавуну, закладають у піч для термічної обробки, після чого його піддають поетапній термоциклічній обробці, при якій перший етап складається з одного циклу, а другий - з декількох (не менше двох). При цьому окремий цикл термічної обробки включає такі операції, як: нагрівання до необхідного значення температури, ізотермічну витримку при встановленій температурі та охолодження до визначеного рівня.

Під час першого етапу термоциклічної обробки виконують нагрівання виробу до температури t_1 магнітного перетворення, при якій виявляється самочинна магнітострикція легованого цементиту, з наступною ізотермічною витримкою при температурі t_1 та повільним охолодженням (разом із піччю) до температури магнітного перетворення цементиту t=210 °С. Це необхідно для створення напруг (напруженого стану структури матеріалу), що супроводжується збільшенням його дефектності (щільності дислокацій, вакансій) тому, що при переході через точку t_1, коефіцієнт лінійного розширення легованого цементиту різко змінюється і створюється найбільша різниця теплових деформацій цементиту та інших структурних складових

матеріалу. Коефіцієнт лінійного розширення зазначених структурних складових при t_1 не змінюється і вони не піддаються пластичній деформації. Виникаючі при цьому додаткові напруги 2-го роду забезпечують частковий розпад залишкового аустеніту з утворенням включень легованого цементиту.

Другий етап включає групу циклів (не менше двох циклів) термоциклічної обробки валка, кожен з яких полягає у нагріванні виробу до температури t_2 магнітного перетворення спеціальних карбідів $Me_{23}C_6$ та Me_7C_3, утримуючих 40-43 % заліза, при якій проявляється їх самочинна магнітострикція з наступною ізотермічною витримкою при t_2 та повільним охолодженням (разом із піччю) до температури t_{11}, що вище за t_1. Це пов'язане з необхідністю створення в структурі матеріалу високого рівня напруг 2-го роду, тому що при переході через точку t_2 магнітного перетворення спеціальних карбідів, їх коефіцієнт лінійного розширення різко змінюється, завдяки присутності заліза, і створюється найбільша різниця теплових деформацій цих карбідів і інших структурних складових матеріалу, а виникаючі при цьому додаткові напруги 2-го роду забезпечують найбільш повний розпад залишкового аустеніту. Специфікою є те, що, з метою зняття напруг від самочинної магнітострикції спеціальних карбідів і вирівнювання температури по перерізу валка, наприкінці другого етапу обробки, після охолодження до температури t_{11}, виконують ізотермічну витримку при температурі t_{11} і повільне охолодження (разом із піччю) до кімнатної температури.

Особливість запропонованого рішення полягає в тому, що час витримки на кожному етапі термоциклічної обробки визначається розміром валка. Розрахунок часу ізотермічної витримки визначається, наприклад, за 1 годину на кожні 25 мм виробу, але не менше, ніж 1 година на всю витримку.

На підставі експериментальних даних за результатами математичного аналізу були отримані кореляційні рівняння між експериментально визначеною температурою t_1^e, при якій проявляється самочинна магнітострикція легованого цементиту, і вуглецевим еквівалентом C_e високохромистого чавуну, та експериментально визначеною температурою t_2^e, при якій проявляється самочинна магнітострикція спеціальних карбідів $Me_{23}C_6$ і Me_7C_3, що містять 40-43 % заліза, і вуглецевим еквівалентом C_e: $t_1^e = t + 21{,}2 \cdot C_e$ та $t_2^e = t + 43{,}9 \cdot C_e$, де t - температура магнітного перетворення цементиту.

Фіг. 1 ілюструє стабільність температурного інтервалу обробки в межах виробництва чавунних листових високохромистих валків (C_e=6,4-6,9 %). Для інших типів виробів, наприклад, чавунів, які є комплекснолегованими і містять 3 % W або 2 % Cu, або до 1,5 % V, або 2,0 % Mo, за рахунок зміни вуглецевого еквівалента C_e залежності температур t_1^p і t_2^p від C_e істотно змінюються (фіг. 2). Це свідчить про наявність залежності температури обробки Т валка від зазначеного вуглецевого еквіваленту C_e (0,5-7,0 %).

Перевірку ефективності запропонованого способу проводили спочатку в лабораторії на зразках 42 плавок, відібраних від робочого шару двошарових високохромистих чавунних валків виконань ЛПХ17Ндц виробництва Лутугінського державного науково-виробничого валкового комбінату (ЛДНВВК), що мають наступний хімічний склад (%): 2,68-2,90 C; 0,65-1,04 Si; 0,80-1,13 Mn; 0,03-0,06 P; 0,016-0,040 S; 16,0-17,1 Cr; 1,24-1,52 Ni; 1,02-1,28 Mo; 0,21-0,40 Cu; 0,18-0,31 W; 0,030-0,035 Mg; Fe - решта. Після цього перевірку ефективності способу виконували в умовах експлуатації валків на виробництві. Термоциклічну обробку валків (фіг. 3) в запропонованому способі проводили на валках діаметром 900 мм з довжиною бочки 2000 мм в такій послідовності: на першому етапі нагрівання вели зі швидкістю 30 °С/год. до температури t_1=340-350 °С (для робочого шару валка з чавуну зазначеного складу при C_e=6,4-6,9 %), яку обчислили за виразом (1). Потім проводили ізотермічну його витримку при даній температурі впродовж 18 годин (з розрахунку 1 година на кожні 25 мм, але не менш ніж година на всю витримку), після чого повільно охолоджували разом із піччю до температури t=210 °С. На другому етапі - двічі послідовно нагрівали виріб зі швидкістю 30 °С/год. до температури t_2=490-510 °С ($C_э$=6,4-6,9), яку обчислили за виразом (2), з наступною ізотермічною витримкою після кожного нагріву виробу при цій температурі протягом часу, розрахованому як для першого етапу, і повільно охолоджували (разом із піччю) до температури t_{11}, що вище за t_1 (в даному випадку t_{11}=360 °С). Наприкінці другого циклу термоциклічної обробки виріб витримували при постійній температурі t_{11}=360 °С протягом 18 годин і повільно охолоджували (разом із піччю) до кімнатної температури.

В таблиці 1 наведені властивості валків з високохромистого чавуну (твердість НВ та коерцитивна сила H_c) в литому стані (до термоциклічної обробки) та після реалізації запропонованого способу (перший та другий етапи). При цьому для другого етапу зазначаються данні за двома послідовними нагріваннями до t_2 з характерними витримками та охолодженням, відповідно 1 і 2, а 3 - додаткова витримка при температурі t_{11} вище за t_2 з відповідним охолодженням. Данні наведені в таблиці 1 характеризують середні значення вимірів за результатами 42 плавок. Аналіз властивостей термооброблених високохромистих чавунних валків показав, що заявлений спосіб не сприяє суттєвому зменшенню рівня твердості, але істотно

зменшує рівень коерцитивної сили H_c внаслідок повного розпаду залишкового аустеніту, що дуже важливо для матеріалу прокатних валків, які працюють в умовах зносу і великого тиску.

Таблиця 1

Властивості валків з високохромистого чавуну

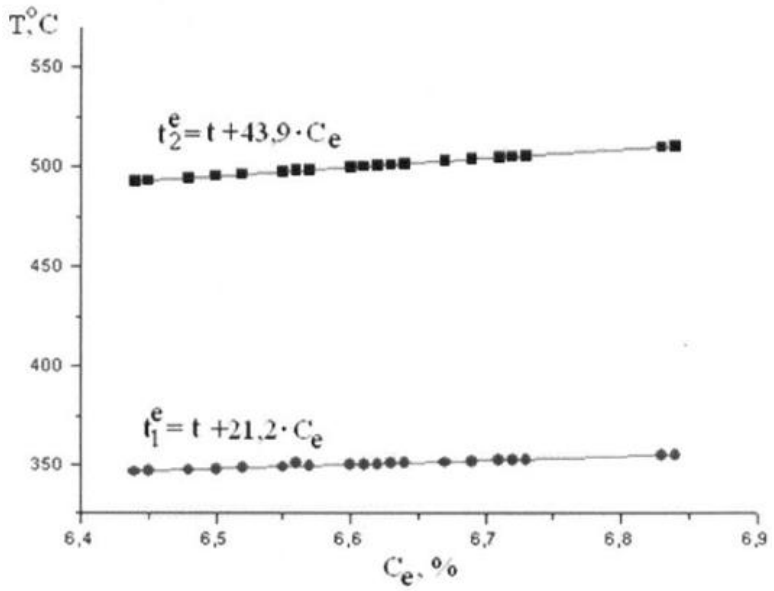
В литому стані		Після термоциклічної обробки							
		перший цикл		друга група циклів					
				1		2		3	
Нс, А/см	НВ	Нс, А/см	НВ	Нс, А/см	НВ	Нс, А/см	НВ	Нс, А/см	НВ
50,8	512	48,0	555	39,0	653	33,0	655	21,2	495

Таким чином, застосування в заявленому способі запропонованих режимів термоциклування забезпечує повний розпад залишкового аустеніту, що підвищує термічну витривалість виробів і знижує їх схильність до руйнування робочого шару та тріщиноутворення, що обумовлюється мінімальним рівнем напруг під час експлуатації валків, а також збільшує наробіток на 30 %. Крім того, використання способу термоциклічної обробки валків з високолегованого чавуну забезпечує зменшення витрат енергоносіїв, спрощення термообробки двошарових валків із різнорідних матеріалів, зменшення часу витримки та не сприяє графітизації в робочому шарі.

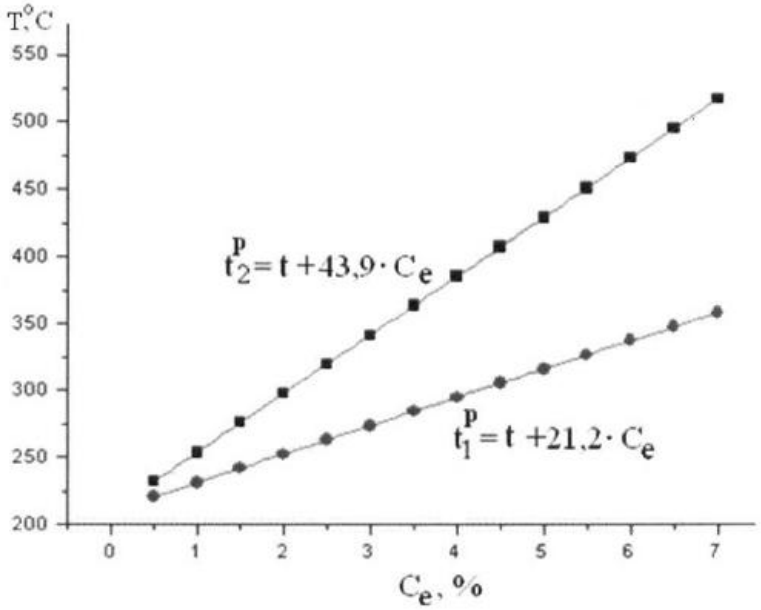
Джерела інформації:

1. А.с. 875858 СССР, МКИ С21D1/26. Способ термической обработки изделий из высокоуглеродистых сталей и сплавов. Т.С. Скобло, С.И. Рудюк, Н.А. Будагьянц и др.; заявитель и собственник - Украинский ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский институт металлов. - № 2807297/22-02; заявл. 06.08.1979; опубл. 22.06.1981.-11 с.

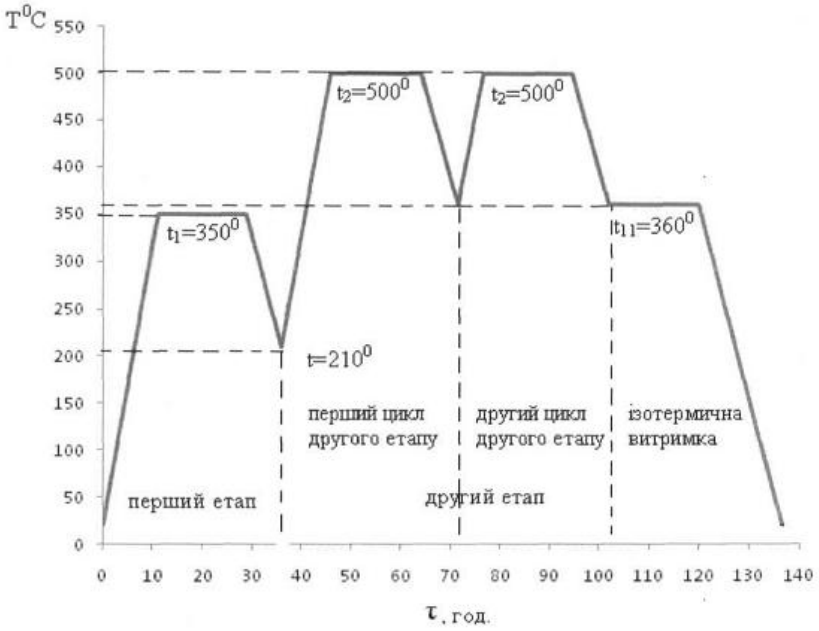
2. А. с. 1354716 А1 СССР, МКИ С21D5/00. Способ термической обработки высокоуглеродистых сплавов. Т.С. Скобло, В.Н. Гончаров, В.В. Коробейник и др.; заявитель и собственник - Украинский научно-исследовательский институт металлов. - № 4041465/22-02; заявл. 24.03.1986; опубл. 22.07.1987.-4 с.



Фіг. 1



Фіг. 2



Фіг. 3

Комп'ютерна верстка М. Ломалова Підписне Тираж 23 прим.

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