



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 92849

(13) C2

(51) МПК (2009)

G01N 33/20

C21D 1/55

G01N 25/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ СТІЙКОСТІ АУСТЕНИТУ ДО ФАЗОВИХ ПЕРЕТВОРЕНЬ У СТАЛЯХ

1

(21) а200906185

(22) 15.06.2009

(24) 10.12.2010

(46) 10.12.2010, Бюл. № 23, 2010 р.

(72) ЖУЧКОВ СЕРГІЙ МИХАЙЛОВИЧ, СИДОРЕНКО ОЛЕГ ГРИГОРОВИЧ, МУРАВЬОВА ІРИНА ГЕННАДІЇВНА, БАБАЧЕНКО ОЛЕКСАНДР ІВАНОВИЧ, ФЕДОРОВА ІРИНА ПЕТРІВНА, СУХИЙ АНДРІЙ ПАВЛОВИЧ

(73) ІНСТИТУТ ЧОРНОЇ МЕТАЛУРГІЇ НАН УКРАЇНИ

(56) UA, 76335, C2, 17.07.2006

SU, 1260394, A1, 30.09.1986

RU, 2007123893, A, 27.12.2008

RU, 2312904, C1, 20.12.2007

RU, 2337145, C2, 27.03.2008

JP, 04372856, 25.12.1992

JP, 57008449, 16.01.1982

(57) Спосіб визначення стійкості аустеніту до фазових перетворень у сталях, який включає нагрівання сталевго зразка до температури аустеніти-

2

зації з наступною термічною обробкою у єдиному режимі, який **відрізняється** тим, що його виконують шляхом вибору однієї з фізико-механічних властивостей сталі, чутливих до змін хімічного складу сталі, виявляють її значення при випробуваннях зразків, і, відповідно до цього значення, визначають стійкість аустеніту до фазових перетворень, використовуючи наступне співвідношення:

$$\Phi_i = K \cdot (C_i - C_{\min}) + \Phi_{\min},$$

де: Φ_i - стійкість аустеніту до фазових перетворень аналізованого сталевго зразка,

C_i - значення вибраного показника фізико-механічних властивостей аналізованого сталевго зразка,

Φ_{\min} - значення стійкості аустеніту, вибраного за мінімальний,

C_{\min} - значення вибраного показника фізико-механічних властивостей сталі зі стійкістю аустеніту, вибраної за мінімальну,

K - експериментально обумовлений коефіцієнт.

Винахід відноситься до галузі чорної металургії, а саме, до способів визначення стійкості аустеніту до фазових перетворень мало- і середньовуглецевих низьколегованих сталей, і може бути використаним для розробки технології керування процесом термічної обробки, що забезпечує сталевому прокату підвищення стабільності механічних характеристик.

У цей час відомі способи визначення стійкості аустеніту до фазових перетворень, але вони, в основному, є варіантами способу визначення прогартованості сталі [Я. Йех. Термічна обробка сталі. - М.: Металургія, 1979. - 264с.]. Сутність таких способів полягає в тому, що одну з торцевих поверхонь нагрітого до аустенітного стану сталевго зразка інтенсивно охолоджують зі надкритичною швидкістю, а потім за допомогою відомих методик заміряють товщину мартенситного шару, що сформувався, яку і прийнято вважати показником стійкості аустеніту до фазових перетворень.

Відомий спосіб визначення стійкості аустеніту до фазових перетворень [патент РФ 2312904 С1 МПК C21D1/55, G01N33/20, опубл. 20.12.2007], що включає нагрівання зразка до температури аустенітизації з наступною термічною обробкою в єдиному режимі. У відомому способі оцінюється прогартованість шляхом гартування серії циліндричних зразків, довжина яких у чотири рази більше діаметра. Результатом проведених операцій є побудова кривої розподілу твердості по перетину зразка в координатах "твердість-відстань від центру зразка" і по положенню на них точки перегинів визначається величина прогартовуваності.

Недолік відомого способу полягає в тім, що з його допомогою можна визначити стійкість аустеніту тільки до мартенситного перетворення. Можливість же визначення його стійкості до фазових перетворень дифузійного типу (виділення надлишкового фериту, евтектоїдне перетворення) цей

(13) C2

(11) 92849

(19) UA

спосіб не забезпечує, що обмежує галузь його застосування.

Найбільш близьким за технічною суттю та результатом, що досягається, є спосіб визначення стійкості аустеніту [Заявка РФ № 2007123893 А МПК, G01N33/20, опубл. 2008.12.27], що включає нагрівання зразка до температури аустенітизації й наступну термічну обробку за єдиним режимом, наступне охолодження із записом термограми в декількох точках, розташованих на різних відстанях від охолоджуваного торця, проведення металографічного фазового аналізу. Для побудови термокінетичних діаграм розпаду переохолодженого аустеніту використовуються дані про температуру початку й кінця фазових перетворень, тип й кількість продуктів розпаду, знайдені в обраних точках зразка, у яких охолодження протікало з відомою швидкістю.

У порівнянні з аналогом виконання відповідно до цього способу аналізу впливу швидкості охолодження на розвиток всіх спостережуваних при розпаді аустеніту перетворень дозволяє виконати оцінку його стійкості до фазових перетворень й дифузійного типу.

Однак недоліком цього способу є те, що з його допомогою оцінка зміни стійкості може бути виражена тільки якісно. Зміни стійкості аустеніту до фазових перетворень у кількісному вираженні цей спосіб забезпечити не може. А це виключає можливість його застосування в промислових технологіях з метою підвищення керованості процесом формування структури й властивостей сталевих прокатів та інших виробів зі сталі.

В основу винаходу поставлене завдання визначення стійкості аустеніту до фазових перетворень шляхом використання даних про фізико-механічні властивості, що утворилися в сталі при сформованому в умовах промислової виплавки її хімічному складі, що повинне забезпечити відтворення в кількісному вираженні змін стійкості аустеніту до фазових перетворень, що відбуваються під впливом коливання хімічного складу.

Поставлене завдання вирішується тим, що в способі визначення стійкості аустеніту до фазових перетворень у сталях, який включає нагрівання сталевих зразків до температури аустенітизації, з наступною термічною обробкою за єдиним режимом, згідно винаходу його виконують шляхом вибору однієї з фізико-механічних властивостей, чутливих до змін хімічного складу сталі, наприклад, теплопровідності, границі міцності, і т.п., виявляють його значення при випробуваннях зразків, і відповідно до цього значення визначають стійкість аустеніту до фазових перетворень за формулою:

$$\Phi_i = K \cdot (C_i - C_{\min}) + \Phi_{\min},$$

де: Φ_i - стійкість аустеніту до фазових перетворень аналізованої сталі;

C_i - значення обраного показника фізико-механічних властивостей аналізованої сталі;

Φ_{\min} - значення стійкості аустеніту, обраного в якості мінімального;

C_{\min} - значення обраного показника фізико-механічних властивостей сталі зі стійкістю аустеніту, обраною в якості мінімальної;

K - експериментально обумовлений коефіцієнт.

Винахід пояснюється кресленням, де на Фіг. показано графік залежності границі міцності від стійкості аустеніту до фазових перетворень.

Можливість застосування показників фізико-механічних властивостей сталі для визначення стійкості аустеніту до фазових перетворень, базується на відомій їх прямій залежності від особливостей структури, що формується при розпаді аустеніту. Характер же структури визначається, з одного боку, термодинамічними умовами, при яких розвиваються перетворення, а з іншого - стійкістю аустеніту до цих перетворень, що змінюється під впливом коливань хімічного складу сталі. Але вплив термодинамічних умов на формування структури з розгляду можна виключити шляхом застосування єдиного режиму термічної обробки, застосовуваного в порядку підготовки зразків з досліджуваної сталі до випробувань. Завдяки цьому значення чутливих до хімічного складу сталі фізико-механічних властивостей виявляються в прямій залежності від стійкості аустеніту до фазових перетворень, а також, як наслідок, і від інтегрального хімічного складу сталі. Останнє дозволяє одержати шляхом визначення й відповідної обробки значень окремих фізико-механічних властивостей дані про стійкість аустеніту до фазових перетворень використовувати як показник інтегрального хімічного складу сталі для керування процесом формування структури й властивостей термічно оброблюваного сталевих прокатів й інших виробів.

Технічний результат від використання винаходу полягає в його застосуванні для керування процесом формування структури й властивостей прокату замість даних традиційного хімічного аналізу.

Показниками, що характеризують фізико-механічні властивості сталі й чутливими до хімічного складу сталі, є: теплопровідність, електропровідність, магнітна проникність, показники механічних властивостей і т.д.

У зв'язку із цим пропонується новий спосіб визначення стійкості аустеніту до фазових перетворень (Φ_i).

Послідовність виконання операцій при визначенні Φ_i відповідно до розробленого способу така:

- вибирають показник, відповідно до даних про який будуть визначатися значення Φ_i .

- вибирають єдиний (базовий) режим термічної обробки, якому повинні піддаватися зразки сталей, єдиний тип і параметри зразків для випробувань з метою визначення значення обраного показника фізико-механічних властивостей;

- за допомогою застосування відомих методик визначають значення обраного показника фізико-механічних властивостей сталі;

- із серії плавів сталі вибирають дві сталі із приблизно найменшою й найбільшою механічною сумою хімічних елементів, що вміщуються в них, і приймають значення цих сум як уже певні значення стійкості аустеніту Φ_{\min} і Φ_{\max} і відповідно до встановленого для цих двох сталей значеннями обраного показника C_{\min} і C_{\max} визначають коефіцієнт K за формулою:

$$K = \frac{\Phi_{\max} - \Phi_{\min}}{C_{\max} - C_{\min}};$$

- у відповідності зі значенням установленого коефіцієнта K і виявленого для нової плавки сталі значення обраного показника фізико-механічних властивостей визначають стійкість аустеніту цієї сталі за формулою:

$$\Phi_i = K \cdot (C_i - C_{\min}) + \Phi_{\min}.$$

Приклад виконання способу визначення стійкості аустеніту до фазових перетворень.

При проведенні експериментів, які виконували в лабораторних умовах на сталях марок СтЗпс і СтЗГпс, як показник фізико-механічних властивостей, у відповідності зі значеннями якого визначали стійкість аустеніту Φ_i , була обрана границя міцності σ_B .

У якості базового був прийнятий режим, що складається з витримки зразків протягом 1 години в електропечі при 1000°C і наступного охолодження натурних зразків арматурного прокату діаметром 12 мм на відкритому повітрі.

З оброблених за базовим режимом зразків виготовили стандартні гагаринські зразки з діаметром робочої частини 5 мм і її довжиною 25 мм, також прийняті для наступних визначень у якості базових.

вих, і випробували на розтягання з визначенням границі міцності σ_B .

Вміст всіх хімічних елементів, виявлених у кожній з підданих дослідженням плавок сталі, механічно підсумували й значення найбільшої (1,23%) і найменшої (0,84%) з отриманих сум прийняли в якості вже встановлених для цих двох плавок сталі чисельних значень Φ_{\min} і Φ_{\max} стійкості аустеніту. Після цього, використовуючи встановлені значення границі міцності для цих двох плавок сталі (591 Н/мм^2 і 463 Н/мм^2 відповідно) у якості C_{\min} і C_{\max} визначали значення коефіцієнта K :

$$K = \frac{\Phi_{\max} - \Phi_{\min}}{C_{\max} - C_{\min}} = \frac{1,23 - 0,84}{591 - 463} = 0,003,$$

Далі, підставляючи у формулу:

$$\Phi_i = K \cdot (C_i - C_{\min}) + \Phi_{\min}$$

значення K , C_{\min} Φ_{\min} , а також встановлене для нової плавки значення границі міцності, рівне, наприклад $C_i = 542 \text{ Н/мм}^2$, визначаємо значення стійкості аустеніту Φ_i цієї плавки:

$$\Phi_i = 0,003 \cdot (542 - 463) + 0,84 = 1,077$$

Хімічні склади досліджених сталей, значення границі міцності цих сталей після застосування базового й контрольного режимів термічної обробки, а також стійкість аустеніту до фазових перетворень цих сталей, наведені в таблиці.

Таблиця

| № № п/п | Марка сталі | Вміст основних хімічних елементів, мас. % | | | Границя міцності σ_B , Н/мм^2 | | Стійкість аустеніту до фазових перетворень, % |
|------------|-------------|---|------|------|---|---------------------------|---|
| | | C | Mn | Si | після охолодження на повітрі | після охолодження з піччю | |
| 1 | СтЗпс | 0,18 | 0,57 | 0,09 | 463 | 402 | 0,840 |
| 2 | СтЗГпс | 0,17 | 0,84 | 0,06 | 506 | 450 | 0,969 |
| 3 | СтЗпс | 0,19 | 0,61 | 0,08 | 509 | 453 | 0,978 |
| 4 | СтЗпс | 0,18 | 0,57 | 0,09 | 542 | 494 | 1,077 |
| 5 | СтЗГпс | 0,20 | 0,97 | 0,06 | 591 | 539 | 1,230 |

Для підтвердження вірогідності результатів визначення стійкості аустеніту із застосуванням розробленого способу відповідно до представлених в таблиці даними була побудована графічна залежність границі міцності від стійкості аустеніту (Фіг., пряма 1). Після цього зразки арматурного прокату діаметром 12 мм зі сталі тих же плавок, для яких стійкість аустеніту вже була визначена при обробці за базовим режимом, були термічно оброблені по контрольному режиму, що складався з витримки протягом 1 години при 1000°C і охолодження зразків до кімнатної температури разом з електропіччю. Результати визначення σ_B після застосування нового режиму наносили на перпендикуляри, попередньо відновлені із точок на осі ординат відповідних усім раніше встановленим значенням стійкості аустеніту. Після цього через точки нових значень σ_B , які були нанесені на на-

звані перпендикуляри, провели нову пряму (Фіг., пряма 2). Ця пряма стала відбивати залежність σ_B від Φ_i , отриману при застосуванні нового режиму термообробки. При цьому коефіцієнт кореляції отриманих при застосуванні контрольного режиму значень σ_B з новою залежністю становить $R=0,9975$, а самі прямі обох залежностей σ_B від Φ_i практично паралельні. Це підтверджує вірогідність розробленого нового способу визначення стійкості аустеніту.

Одержані за допомогою запропонованого способу результати визначення стійкості аустеніту до фазового перетворення можуть бути без додаткової обробки використані для розробки технології керування процесом термічного зміцнення, що забезпечує сталевому прокату підвищення стабільності механічних характеристик.

