



УКРАЇНА

(19) UA (11) 51069 (13) U
(51) МПК (2009)
C21C 5/00
C21C 7/06
B22D 11/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ ВИГОТОВЛЕННЯ ЛИСТОВОГО ПРОКАТУ ІЗ ВИСОКОМІЦНОЇ СЕРЕДНЬОЛЕГОВАНОЇ КОНСТРУКЦІЙНОЇ СТАЛІ

1

2

(21) u201001873

(22) 22.02.2010

(24) 25.06.2010

(46) 25.06.2010, Бюл.№ 12, 2010 р.

(72) ГОНЧАРОВ АНАТОЛІЙ ФЕДОРОВИЧ, РАЗІН-
КІН БОРИС ІВАНОВИЧ, БАЛИЧЕВ ЮРІЙ МАТВІ-
ЙОВИЧ, ПІСМАРЬОВ КОСТЯНТИН ЄВГЕНОВИЧ,
БРОСЄВ ОЛЕКСАНДР ОЛЕКСАНДРОВИЧ, ЛУЦЬ-
КИЙ МИХАЙЛО БОРИСОВИЧ

(73) РАЗІНКІН БОРИС ІВАНОВИЧ

(57) 1. Спосіб виготовлення листового прокату із високоміцної середньолегованої конструкційної сталі з хімічним складом по ДЗСС В 19526 та ТУУ 27.1-14313056-001-2009, який включає виплавку сталі у двованній мартенівській печі або у кисневому конверторі, позапічну обробку, вакуумування, безперервну розливку сталі у сляби, їх уповільнене охолодження, попередню та кінцеву деформації у реверсивному режимі для одержання прокату заданих розмірів, який **відрізняється** тим, що для запобігання рефосфорації та ресульфурзації відсічку пічного окисленого шлаку здійснюють методом переливу із ковша у ківш.

2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що інтенсивність продувки рідкого металу інертним газом змінюють протягом наповнення ковша в наступних співвідношеннях: на початку наповнення до 1/6 об'єму ковша - $0,003 \text{ м}^3/\text{т} \cdot \text{хв.}$; від 1/6 до 1/2 об'єму - складає $0,008 \text{ м}^3/\text{т} \cdot \text{хв.}$; від 1/2 об'єму до закінчення наповнення - $0,006 \text{ м}^3/\text{т} \cdot \text{хв.}$

3. Спосіб за пп. 1, 2, який **відрізняється** тим, що температура рідкої сталі перед вакуумуванням складає $1630-1660^\circ\text{C}$, а тривалість глибокого вакууму з тиском менше 1 мілібар дорівнює не менше 20 хвилин.

4. Спосіб за пп. 1, 3, який **відрізняється** тим, що перевищення температури металу у ковші перед видачею до безперервної розливки сягає $0,033...0,040$ температури ліквідус сталі, а перевищення температури металу у промковші складає $0,010...0,017$ температури ліквідус.

5. Спосіб за пп. 1-4, який **відрізняється** тим, що в процесі безперервної розливки при необхідності змінюють ширину сляба, при цьому не змінюють швидкість розливки, а діапазон регулювання ши-

рини сляба складає $1,0-1,8$ мінімально можливої ширини.

6. Спосіб за пп. 1-5, який **відрізняється** тим, що охолодження безперервнолитих слябів здійснюють в інтервалі температур $1,035...0,115 \text{ Ас}_3^\circ\text{C}$ зі швидкістю $8-22^\circ\text{C}/\text{год.}$

7. Спосіб за пп. 1-6, який **відрізняється** тим, що нагрівання безперервнолитих слябів перед прокаткою на катані сляби здійснюють за тріступінчастим графіком, який містить підігрівання, нагрів і томління, причому температура колодязя перед посадкою слябів не вище 800°C ; підігрів виконують без витрати газу із зачиненими кришками, а коефіцієнт надлишку повітря в період нагріву підтримують в межах $1,05-1,10$, в період томління - в межах $0,6-0,9$.

8. Спосіб за пп. 1-7, який **відрізняється** тим, що катані заготовки перед прокаткою на листи нагрівають у методичних печах при температурі в межах $1080-1280^\circ\text{C}$ з питомим часом нагрівання $0,8-1,1$ хвилини на 1 мм товщини заготовки, при цьому коефіцієнт надлишку повітря в першій верхній та нижній зварювальній зонах складає $0,8-0,9$, в другій верхній зварювальній зоні $0,9-1,0$, а у томильній зоні - в межах $1,0-1,1$.

9. Спосіб за пп. 1-8, який **відрізняється** тим, що при прокатці безперервнолитих слябів безпосередньо на листи здійснюють нагрівання слябів у методичній печі з питомим часом нагріву в межах $1,0-1,5$ на 1 мм товщини.

10. Спосіб за пп. 1-9, який **відрізняється** тим, що при прокатці листів товщиною $6,0-50,0$ мм ступінь обтиску у чистовій кліті складає $20-77\%$, при цьому температура розкатів після чорнової кліті не менше $\text{Ас}_3+150...180^\circ\text{C}$, а температура закінчення прокатки складає $\text{Ас}_1+50...70^\circ\text{C}$ для листів товщиною до 15 мм і не менше $\text{Ас}_1+100...150^\circ\text{C}$ - для листів товщиною $16-50$ мм.

11. Спосіб за пп. 1-10, який **відрізняється** тим, що прокат після кінцевої деформації піддають уповільненому охолодженню до температури навколишнього середовища зі швидкістю $5-12^\circ\text{C}/\text{год.}$

12. Спосіб за пп. 1-11, який **відрізняється** тим, що після кінцевої деформації листи товщиною більше $20,0$ мм піддають охолодженню на повітрі або у

(13) U
(11) 51069
(19) UA

воді до температури $A_{c1}-10...15^{\circ}\text{C}$, витримують при цій температурі протягом 10-15 годин та далі нагрівають до температури $A_{c3}+100...150^{\circ}\text{C}$ з наступним загартуванням у воді та високим відпуском при температурі $650\pm 10^{\circ}\text{C}$.

13. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що температура нагріву металу, ступінь обтиску в

останніх пропусках при прокатці у чистовій кліті та швидкість охолодження прокатаних листів забезпечує одержання спеціальних властивостей листів товщиною 4-8 мм без застосування загартування та відпуску.

Корисна модель належить до металургії чорних металів, конкретно до металургії спеціальних сталей.

Відомий спосіб виробництва холодостійкого листового прокату за а. с. Росії № 2265067 із литих заготовок сталі з хімічним складом, мас. %: вуглець - 0,04...0,10; марганець - 0,60...0,90; кремній - 0,15...0,35; нікель - 0,10...0,40; алюміній - 0,02...0,06; ніобій - 0,02...0,06; ванадій - 0,03...0,05, які перед прокаткою піддають аустенізації при температурі $1100...1150^{\circ}\text{C}$ [1].

Одним з найбільш близьких за технічною сутністю є спосіб виробництва прокату за авторським свідоцтвом України № 78964, який містить виплавку сталі, безперервну її розливку на сляби, охолодження слябів, їх аустенізацію, попередню та кінцеву деформації у реверсивному режимі. [2].

Недоліком відомих способів виробництва листового прокату є те, що вони не враховують особливостей виготовлення листового прокату із спеціальних сталей із хімічним складом за ДЗСС В 19526 [3], та ТУУ 27.1-14313056-001-2009 [11], а також не враховують технологічні можливості металургійного обладнання підприємств України і це не дозволяє виробляти спецсталь, відповідаючи сучасним вимогам.

В основу корисної моделі поставлене завдання зниження у металі кількості шкідливих домішок, газів, неметалевих включень, які негативно впливають на живучість спецсталей, за рахунок використання технологічних засобів таких як оригінальний спосіб відсічки пічного окисленого шлаку, раціональний режим продувки рідкого металу інертним газом, вакуумування та оптимальні температурні характеристики рідкої сталі.

Поставлена задача досягається тим, що при закінченні виплавки спецсталі у двованній мартенівській печі або конверторі заради запобігання відновлення із шлаку шкідливих домішок та переходу їх до металу, сталь випускають разом із шлаком у перший ківш, та потім переливають у другий ківш, залишивши шлак у першому ковші. Такий спосіб дозволяє здійснити майже повну відсічку окисленого шлаку та одержати метал досить чистий за кількістю сірки та фосфору.

Поставлена задача досягається також тим, що у процесі обробки рідкої сталі у ковші, інтенсивність продувки інертними газами до наповнення металом $1/6$ об'єму ковша сягає $0,003\text{ м}^3/\text{т.хв.}$, та при наступному наповненні ковша до $1/2$ об'єму інтенсивність продувки зростає до $0,008\text{ м}^3/\text{т.хв.}$, й далі до закінчення наповнення знижується і сягає $0,006\text{ м}^3/\text{т.хв.}$

Відомий спосіб перемішування сталі у ковші [4], при якому продувку інертним газом здійснюють через дві продувочні фурми безперервно із неоднаковою інтенсивністю, яку змінюють за синусоїдальним законом. Однак цей спосіб не враховує особливостей виробництва спецсталей, при яких запроваджується присаджування значної кількості легуючих та феросплавів у ківш. У зв'язку з тим, що при позапічній обробці спецсталей у ковші використовують тверді шлакові суміші, головною метою яких є зниження сірки та кислороду у металі, важливу роль відіграє робота перемішування, яка залежить від висоти падіння струменя, від масової витрати металу та інтенсивності продувки інертними газами.

Для сталей звичайного виробництва робота перемішування від падаючого струменя, як правило, достатня для розчинення твердих шлакових сумішей, навіть без продувки металу у ковші інертними газами. [5].

У випадку виплавки спецсталі, окрім твердих шлакових сумішей, у ківш присаджується значна кількість легуючих та феросплавів, особливо хромвміщуючі. Продувка інертним газом поліпшує умови розчинення усіх присадок та дозволяє одержувати однорідну з хімічного складу сталь високої якості. Параметри інтенсивності продувки визначені на основі розрахунків [5], які підтверджені на дослідних промислових плавках в умовах Алчевського металургійного комбінату.

Виходячи із викладеного, на початку наповнення ковша при максимальній висоті падаючого струменя металу, до наповнення $1/6$ об'єму ковша, достатня інтенсивність продувки $0,003\text{ м}^3/\text{т.хв.}$ У період присадки найбільшої маси твердої шлакової суміші, феросплавів та легуючих, до наповнення $1/2$ об'єму ковша, зростання інтенсивності продувки до $0,008\text{ м}^3/\text{т.хв.}$ забезпечує повне розчинення присадок. Збільшення інтенсивності продувки у цьому періоді необхідно у зв'язку з тим, що робота перемішування знижується через зменшення висоти падаючого струменя.

Із зростанням товщини шару та маси металу збільшується й робота перемішування внаслідок взаємодії з продуваемим інертним газом [5]. Тому, після наповнення $1/2$ об'єму до закінчення випуску доцільне зниження інтенсивності продувки з витратами $0,006\text{ м}^3/\text{т.хв.}$

Запропонований режим інтенсивності продувки рідкої сталі аргументовано дозволив виготовити високоякісний метал, що знайшло підтвердження на промислових плавках.

Поставлена задача виготовлення якісного високоміцного прокату із середньолегованої констру-

кційної сталі досягається також тим, що рідка сталь піддається вакуумуванню. Найліпша якість спецсталі досягається при обробці сталі з температурою в межах 1630-1660°C, при цьому тривалість вакуумування при тиску в камері менш 1 мілібар дорівнює не менш 20 хвилин. На дослідних промислових конверторних плавках Алчевського металургійного комбінату, концентрація водню складала після вакуумування 1-2ppm, що свідчить про високу якість сталі.

Поставлена задача виготовлення якісного прокату із спецсталі досягається також тим, що перевищування температури металу у ковші перед видачею до безперервної розливки дорівнює 0,033-0,040 температури ліквідує сталі, перевищування температури металу у проміжному ковші складає 0,010-0,017 температури ліквідує.

Відомі способи безперервної розливки металу, при яких відображені температурні параметри рідкого металу у залежності від швидкості розливання та температури плавлення матеріалу кристалізатора [6, 7]. Недоліком позначених технічних рішень є те, що вони не враховують реальних особливостей технології виробництва литих заготовок для прокату із спецсталей.

Запропоновані температурні характеристики визначені на підставі розрахунків температури ліквідує сталей за відомими формулами та експериментальних значень температури у ковші перед видачею на безперервну розливку та в проміжному ковші.

Дослідження довели, що при перевищенні температури металу в промковші менш ніж на 0,010 температури ліквідує, або при нижчій температурі розливки, існує побоювання одержати дефекти на литому слябі таких як загин корки металу, поява поясів на слябі, глибоких зморшок, слідів коливання кристалізатора. Окрім того, у цьому випадку можливе захоплення шлаку у метал, що погіршує якість прокату.

Перевищення температури металу у промковші більш, ніж на 0,017 температури ліквідує, або при вищій температурі розливки, може привести до розвитку зони транскристалізації, кутовим тріщинам, лікваційним смугам, пористості у осьовій зоні слябу, осьовій хімічній неоднорідності, підкорковим бульбам та роздуттю сляба. Усі ці дефекти заготовки негативно впливають на якість прокату.

Таким чином, оптимальне перевищення температури металу в промковші для спец сталей є 0,010-0,017 від температури ліквідує. Наприклад, для сталі марки "7" з ДЗСС В 19526 це складає 15-25°C.

Оптимальна температура металу у ковші перед видачею до безперервної розливки, що засвідчено на спробних плавках, повинна бути вище на 0,035-0,040 від температури ліквідує сталі. В цьому випадку забезпечується температура металу у промковші в запропонованих межах і це гарантує відливу якісних слябів без дефектів.

Одержання прокату із спецсталі, відповідаючого з якості та сортаменту вимогам замовників з одночасним зниженням витрат металу, досягається також тим, що в процесі безперервної розливки, при необхідності, змінюють ширину слябу, при

цьому не змінюється швидкість розливки, а діапазон регулювання ширини слябу сягає 1,0-1,8 мінімально можливої ширини. Запропонований технологічний засіб підвищує гнучкість та конкурентноспроможність виробництва спецсталей, бо виникають умови для одержання прокату більш різноманітного сортаменту за рахунок збільшення діапазону розмірів литих заготовок навіть у межах однієї плавки.

Відоме технічне рішення (8), при якому кристалізатор безперервного лиття заготовок має рухомі та нерухомі широкі і вузькі стінки й прилад для розсування вузьких стінок безпосередньо на машині.

Недоліком цього технічного рішення є неможливість міняти переріз заготовок без зупинки безперервної розливки.

Запропонований діапазон регулювання ширини слябу забезпечується конструкцією машини безперервного лиття і здійснюється залежно від сортаменту замовленого прокату.

В умовах Алчевського МК підтверджена можливість одержання литої заготовки мінімально можливої ширини із збільшенням її у 1,8 рази у процесі розливки металу усього ковша, при цьому швидкість розливки залишилась незмінною. Наприклад, на початку відливання ширини слябу сягала 1000мм. До кінця розливки плавки ширина слябу доведена до 1800мм., що забезпечило виконання замовленого сортаменту заготовок і в подальшому замовленого сортаменту листового прокату.

Одержання якісного листового прокату із спецсталі забезпечується також за рахунок використання запропонованого авторами режиму охолодження безперервнолитих слябів.

Основним завданням при цьому є одержання рівноважної структури з мінімальними термічними напруженнями, яка дозволяє вилучити утворення тріщин при високотемпературному нагріванні та прокатці слябів. Окрім того, запропонований режим уповільненого охолодження слябів дозволяє знизити у металі концентрацію водню, який виявляє негативний вплив на флокеночутливість сталі.

Найбільш близьким з технічної сутності є спосіб виробництва із литих заготовок холодоостійкого листового прокату за ас. Росії № 2265067 [1].

Недоліком відомого способу є одержання крупного аустенітного зерна, а також значних термічних напружень у литому стані

Поставлена задача досягається тим, що уповільнене охолодження безперервнолитих слябів запроваджується в інтервалі температур 1,035-0,115 Ас₃ зі швидкістю 8-22°C/годину.

Температурний режим та швидкість охолодження слябів запропоновані виходячи із експериментальних даних, одержаних на налагоджувальних промислових партіях при виготовленні спецсталі.

Відхилення від запропонованих режимів охолодження призводять до появи зовнішніх та внутрішніх тріщин на слябах спецсталі.

Зазначена задача - одержання високоякісного прокату із спецсталі - досягається також тим, що нагрівання безперервно литих слябів у нагріваль-

них колодязях запроваджують за триступінчатим графіком, який вміщує підігрівання, нагрів і томління, причому температура колодязя перед посадкою слябів становить не вище 800°C. Підігрівання запроваджується без витрати газу із закритими кришками, а коефіцієнт надлишку повітря протягом нагріву підтримується у межах 1,05-1,10, в період томління - в межах 0,6-0,9.

Запропонований режим нагріву слябів спецсталі обумовлено необхідністю поступового підвищення температури, запобігання значних температурних напружень. Параметри нагрівання визначені з урахуванням налагоджувального виробництва прокату із спецсталей. Температура колодязів вище 800°C неприпустима, бо веде до розтріскування металу. З метою забезпечення поступового підвищення температури слябів без посередньо після посадки у колодязі газ не подається, а кришки колодязів закриті, тобто сляби у початковому періоді вбирають тепло, акумульоване футеровкою колодязів.

Як свідчать дослідні дані, оптимальним співвідношенням газу і повітря в період нагріву слябів є надлишок повітря в межах 1,05-1,10, а у період томління – 0,6-0,9. Відхилення коефіцієнтів надлишку повітря нижче запропонованих можуть привести до неякісного прогрівання слябів, що сприяє появі у процесі прокатки тріщин у центральній частині слябів.

Перевищення коефіцієнтів надлишку повітря над верхніми межами, відповідно вище 1,10-1,09, загрозливо внаслідок окислення по межах зерен, що є причиною появи поверхневих тріщин [9].

Одержання високоякісного листового прокату із спецсталей досягається також тим, що катані заготовки перед прокаткою на листи нагрівають у методичних прохідних печах при температурі у методичній зоні не вище 750°C, у межах 1080-1280°C у томильній зоні з питомим часом нагріву 0,8-1,1 хвилин на 1мм товщини заготовки. Коефіцієнт надлишку повітря у першій верхній та нижній зварювальній зоні сягає 0,8-0,9; у другій верхній зварювальній зоні 0,9-1,0; а у томильній зоні - в межах 1,0-1,1. Температура 1080°C належить до першої зварювальної зони, тобто до початку нагрівання заготовок.

Початок нагріву при температурі вище 1080°C може супроводжуватись підвищеними температурними напруженнями у металі, що небезпечно з точки зору появи тріщин.

Перевищення температури нагріву вище 1280°C може призвести до перегріву поверхні заготовок, що пов'язане з появою дефектів у вигляді крупнозернистої структури, яка супроводжується грубою шершавістю і навіть дранинами, орієнтованими по межах окислених кристалів.

Питомий час нагрівання нижче заявлених меж (0,8 хвилини на 1мм товщини заготовки) неприпустимий, бо може призвести до низької температури кінця прокатки, недостатнього прогрівання заготовки, що викликає повздовжну та поперечну різновтовщинність, серповидність та неплоскостність листів. Питомий час вище заявлених меж є недоцільним, тому що знижується продуктивність

агрегатів з одночасним підвищенням витрат енергоносіїв.

Нижні межі коефіцієнтів надлишку повітря в першій, другій та томильній зонах прохідної печі (0,8; 0,9; 1,0 відповідно) обумовлені забезпеченням якісного прогрівання металу. Перевищення коефіцієнтів надлишку повітря над верхніми межами (0,9; 1,0; 1,1 відповідно) неприпустимо внаслідок побоювання окислення по межах зерен, дифузії кисню повздовж меж зерен, що може бути причиною виникнення сіткі тріщин.

Поставлена задача досягається також тим, що прокатку безперервнолитих слябів після уповільненого охолодження роблять по схемі "Литий сляб - Лист", при цьому питомий час нагріву в прохідних методичних печах складає 1,0-1,5 хвилин на 1мм. товщини слябу. Технологічні параметри часу нагрівання визначені на основі експериментальної прокатки листів спецсталі.

При питомому часі нагрівання менш 1хв/мм. не досягається ступінь прогрівання литих слябів, достатня що до деформації у чорновій та числовій клітках стану до завданих товщин листів; питомий час нагрівання більш 1,5 хвилини на мм може призвести до перегріву металу і як наслідок, до негативного впливу на якість прокату, а також є недоцільним через надмірну витрату енергоносіїв.

Виготовлення якісного листового прокату із спецсталей досягається також тим, що при прокатці листів товщиною 6,0-50,0мм. ступінь обтиску у чистовій клітці складає 20-77%, при цьому температура розкатів, відправляємих у чистову кліть сягає не менш $As_3 + 150...180^{\circ}C$ а, температура закінчення прокатки складає не менш $As_1 + 50...70^{\circ}C$ для листів товщиною до 15мм. і не менш $As_1 + 100...150^{\circ}C$ для листів товщиною 16...50мм.

Використання при прокатці листів спецсталі ступіней обтиску нижче 20% у чистовій клітці несе з собою зниження виробності стану і нераціональне використання властивостей розігрітого металу протягом деформації.

Значення ступеню обтиску більш 77% недоцільне, тому що є зоною ризику – що до клітей стану – можливі поломки вузлів агрегату і особливо, валків та підшипників. Окрім того, відхилення ступеню обтиску в бік збільшення від зазначених може призвести до тріщин і розривів на кромках, які проходять перпендикулярно або похило до напрямку прокатки. Застосування більш великих обтисків в останніх пропусках може стати чинником поздовженої та поперечної різновтовщинності листів, а також їх неплоскостності.

Температура розкатів, відправляємих у чистову кліть стану, визначається режимами нагріву у методичних печах та прокатки металу у чорновій клітці (пп. 6 1 8 формули). При появі розкатів у чистовій клітці з температурами нижче $As_1 + 150...180^{\circ}C$ існує побоювання не досягнути пластичності металу, достатньої для деформації у чистовій клітці до завданих розмірів листа, насамперед, до завданої товщини, а також може призвести до наднормативних навантажень на механізми прокатного стану.

Температури закінчення прокатки у чистовій клітці сталі товщиною 16...50мм менш, ніж $As_1 +$

100...150°C й товщиною до 15мм менш, ніж $A_{c1} + 50...70^\circ\text{C}$ є зоною ризику для суцільності клітей. При закінченні прокатки спецсталі з температурами нижче обумовлених п. 9 формули можливі також коробління та неплоскостність листового прокату.

Позитивний технічний і економічний ефекти досягаються також тим, що прокат після кінцевої деформації піддають уповільненому охолодженню до температури навколишнього середовища зі швидкістю 5...12°C/год. При цьому переслідуються мета досягнення рівноважної структури металу з мінімальними термічними напруженнями. Швидкість охолодження листів (5...12°C/год) після закінчення прокатки запропонована на підставі дослідних виробничих даних. Відхилення від заявленої швидкості уповільненого охолодження у більший бік призводить до появи зовнішніх і внутрішніх тріщин в листах, товщиною вище 8мм., та до невідповідності спеціальних властивостей прокату вимогам ДЗСС В 21967 [10] та ТУУ27.1-14313056-001-2009 [11] після кінцевої термообробки.

Поставлена задача досягається також тим, що при наявності термічних засобів листи товщиною більш 20,0мм після кінцевої деформації піддаються охолодженню на повітрі або у воді до температури $A_{c1} - 10...15^\circ\text{C}$ витримуються при цій температурі протягом 10...15 годин і далі нагріваються до температури $A_{c3} + 100...150^\circ\text{C}$ з наступним загартуванням у воді та високим відпуском при температурі 650-10°C.

Основною задачею ізотермічного відпалу є одержання рівноважної перлітної структури, яка забезпечує зниження твердості з метою поліпшення механічної обробки, вогньового різання та інше, тобто технологічності сталі, а також підготування структури поперед кінцевої термообробки.

Температура ізотермічної витримки $A_{c1} - 10...15^\circ\text{C}$ відповідає мінімальній стійкості аустеніту при його розпаді у перлітній зоні. Підвищення або зниження зазначеної температури уповільнює процес перлітизації та збільшує час витримки й, відповідно, енергетичні витрати.

При ізотермічній витримці менш 10 годин не забезпечується повний розпад аустеніту у перлітній зоні. Підвищення витримки більш 15 годин не має сенсу, через те що процес перетворення аустеніту у перліт завершено.

При здійсненні нагріву листів до температури нижче $A_{c3} + 100...150^\circ\text{C}$ не забезпечується одержання рівноважної аустенітної структури, при нагріванні вище зазначеної температури спостерігається ріст зерна аустеніту. Усе це негативно відіб'ється на механічних властивостях, технологічності та службових характеристик листів.

Збільшення температури відпуску вище 650°C призводить до зниження потрібних міцносних властивостей (σ_b , $\sigma_{0.2}$) а відпуск при температурі нижче 650°C не забезпечує необхідну пластичність та в'язкість сталі. Поставлена мета досягається також деформаційно-термічною обробкою сталі, це: режими нагріву металу перед прокаткою (пп. 7, 8, 9 формули), ступінь обтіску і температурні режими у чистовій кліті (п. 10 формули), режим охоло-

дження листів (п. 11 формули) які забезпечують одержання спеціальних властивостей в листах товщиною 4...8мм. без застосування загартування та відпуску. Попередня термічна обробка, завданням якої є підготовка мікроструктури металу перед кінцевою термообробкою вміщує вплив на структури перетворення у процесі деформації шляхом оптимального вибору ступеню та швидкості деформації, між деформаційних пауз, температур початку та кінця прокатки, швидкості післядеформаційного охолодження. Регламентація температурно-деформаційних - часових параметрів прокатки, а також умов післядеформаційного охолодження дозволили сформувати в сталі однорідну, близьку до рівноважної дрібнозернисту структуру, забезпечуючи після кінцевої термообробки необхідний комплекс механічних та службових властивостей.

Запропоновані технологічні засоби забезпечили значне енергозберігання, що конче актуально за умов різкого подорожчання енергоносіїв в Україні та сприяє економії палива.

Приклад. В умовах Алчевського металургійного комбінату виплавили одну плавку сталі марки "7" у двованній мартенівській печі ємністю 300т. та одну плавку - у кисневому конверторі ємністю 320т.

Хімічний склад сталі відповідав вимогам ДЗСС В 19526 [3].

Відсічку пічного окисленого шлаку зробили при переливанні розплаву із ковша у ківш, при цьому присаджені для позапічної обробки на мартенівській плавці (далі усі технологічні параметри стосуються цієї плавки) наступні матеріали:

- карбід кальцію	207кг;
- чушковий алюміній	140кг;
- алюмофлюс	300кг;
- шлакова суміш	1400кг.

Продувку металу здійснили через пористі пробки. Витрати аргону сягали 150м³/год до наповнення ковша 100 тонами металу, витрати аргону у подальшому до закінчення наповнення - в межах 70-100м³ на годину.

Відсічка пічного шлаку, обробка у ковші шлаковими сумішами, продувка аргоном дозволили одержати сталь з низькою концентрацією сірки і фосфору.

Метал конверторної плавки піддали вакуумуванню. Температура рідкої сталі перед вакуумуванням сягала 1650°C, тиск у камері при обробці сталі на протязі 20 хвилин коливався у межах 0,9-1,0 мілібар.

Концентрація водню у пробі сталі після вакуумування дорівнювала 1,0ppm.

Температура сталі у ковші перед видачею на МБЛЗ (машина безперервного лиття заготовок) складала 1550°C, у проміжному ковші - 1520°C. Швидкість розливки сталі була у межах 0,6...0,7м. за хвилину.

Сталь розлили на сляби перерізом 300×1250мм. У процесі розливки відповідно до завдання ПРО відлили 40т. слябів розміром 300×1500мм. при незмінній швидкості розливки.

Після різання на мірні довжини сляби уповільнено охолоджували у штабелях з температури від 900°C до 100°C протягом 96 годин. Різання слябів

на кратні довжини здійснено протягом 8 годин від моменту розбирання штабелю.

Безперервнолиті заготовки сталі "7" товщиною 300мм. перед прокаткою на сляби товщиною 110 і 150мм нагрівали у колодязях за триступінчатим графіком:

- температура колодязя при посадці литих заготовок - 780°C;
- витримка ячeyки після посадки без витрати газу із зачищеною кришкою - 0,5 годин;
- сумарний час нагріву - 6,0 годин;
- температура у період томління - 1270°C;
- тривалість томління - 1,2 години;
- коефіцієнт надлишку повітря у період нагріву - 1,05-1,10;
- коефіцієнт надлишку повітря у період томління - 0,6-0,9.

Катану заготовку порізали на сляби довжиною 1250-1800мм. та

передали для перероблення на листи товщиною 6-50мм.

Режим нагрівання катаних заготовок в прохідній печі мав наступні параметри:

- температура у томильній зоні – 1210-1220°C;
- температура в першій зварювальній зоні – 1270-1280°C;
- температура у нижній зварювальній зоні – 1250-1260°C;
- температура у другій зварювальній зоні – 1120-1200°C;
- питомий час нагрівання - 0,9-1,1хв/мм;
- коефіцієнт надлишку повітря, томильна зона - 1,0-1,1;
- 1-ша верхня зварювальна зона - 0,8-0,9;
- нижня зварювальна зона - 0,8-0,9;
- 2-га верхня зварювальна зона - 0,9-0,10.

Температура розкатів, після чергової кліті була в межах 990-1040°C, температура кінця прокатки для листів товщиною до 15мм - була в межах 770-800°C; для листів товщиною 16-50мм - в межах 820-880°C.

Фактична товщина підказу після чергової кліті в залежності від кінцевої товщини листів була в наступних межах:

- для листів товщиною 6-8мм, - 20-30мм;
- для листів товщиною 9-10мм. - 35-40мм;

- для листів товщиною 11-15мм. - 45-50мм;
- для листів товщиною 16-20мм. - 55-60мм;
- для листів товщиною 21-50мм. - 65-90мм

Листи після прокатки у кліті "КВАРТО" пропущені через роликотправильну машину.

Після цього листи піддані уповільненому охолодженню. Якість виготовлених листів з площинності відповідала вимогам ДЗСС 19903, а з результатів спеціальних випробувань – вимогам ДЗСС В21967 (10).

Використана література

1. Авторское свидетельство России, кл. 7С21Д 8/02 № 2265067 с приоритетом от 25.10.2004 г. Способ производства хладостойкого листового проката (варианты)

2. Патент Украины № 78964, кл. С21Д1/62, С21Д 8/00 с приоритетом от 25.04.2007 г. Способ производства проката.

3. ГОСТ В 19526-74. Сталы горячекатаные броневые для бронетанковой техники. Марки

4. Патент Российской Федерации, кл. С21с 7/072, № 2304172, опубликованный 10.08.2007 г. в бюлл. №22. Способ перемешивания стали в ковше.

5. Внепечные способы улучшения качества стали. Чуйко Н.М., Перевязко А.Т., Даничек Р.Е., Иванов В.Г., Козак В.В., Киев, «Техніка», 1978 г., 128 с.

6. Авторское свидетельство СССР № 707681, кл. В22Д 11/00, опубликовано 05.01.80г. Способ непрерывной разливки металла

7. Патент СССР №703004, В22Д11/00, с приоритетом от 13.01.77г. Способ непрерывной разливки металла

8. Авторское свидетельство СССР № 872013, кл. В22Д11/04, опубликовано 15.10.81 г. Кристаллизатор для машин непрерывного литья заготовок.

9. Атлас дефектов стали. Перевод с немецкого под редакцией д.т.н., проф. Бернштейна, М, «Металлургия», 1979 г., 188 с.

10. ГОСТ В 21967-90. Листы стальные броневые противопульные. Технические условия.

11. ТУУ 27.1-14313056-001-2009 Листы стальные специального назначения из стали марок 71 и 92.