



УКРАЇНА

(19) UA (11) 84398 (13) C2

(51) МПК (2006)

B21B 1/46

B22D 11/06

B21B 1/26

B21B 37/28

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

(54) СПОСІБ БЕЗПЕРЕРВНОГО ВИРОБНИЦТВА НАДТОНКОЇ ГАРЯЧЕКАТАНОЇ СТРІЧКИ З ТОНКОГО СЛЯБА, ОТРИМАНОГО БЕЗПЕРЕРВНИМ ЛИТТЯМ, ТА ВИРОБНИЧА ЛІНІЯ ДЛЯ ЗДІЙСНЕННЯ СПОСОБУ

1

2

(21) 20041108996

(22) 28.08.2003

(24) 27.10.2008

(86) PCT/IT2003/000523, 28.08.2003

(31) MI2002A 001996

(32) 19.09.2002

(33) IT

(46) 27.10.2008, Бюл.№ 20, 2008 р.

(72) АРВЕДІ ДЖОВАННІ

(73) АРВЕДІ ДЖОВАННІ

(56) US 5634257 A, 03.06.1997

US 6276436 B1, 21.08.2001

WO 0020141 A, 13.04.2000

WO 9929446 A, 17.06.1999

(57) 1. Спосіб безперервного виробництва надтонкої гарячекатаної стрічки з тонкого сляба, отриманого безперервним литтям, який включає наступні операції:

- безперервне лиття тонкого сляба (1);
- попереднє його прокатування (5) після безперервного лиття;
- індукційне нагрівання (8), і
- кінцеве прокатування (18) з попереднім пластичним розтягуванням (17), усуванням окалини (17а), наступним охолодженням і намотуванням у рулони, який відрізняється тим, що:
- на виході з кристалізатора формують сляб з поперечною різновтовщинністю, що складає переважно 0,5-5,0мм на кожному боці;
- зменшують товщину сляба під час безперервного лиття протягом твердіння (3.1) максимум на 60%, від 100-70мм до 80-40мм;
- додатково охолоджують під час операції (3В) зменшення рідкої сталеної серцевини розпилювальними соплами (3а) за наступних характеристик:
- питомі витрати води 0,6-0,3 літра на кілограм відливої сталі;
- зменшення інтенсивності охолодження у напрямку руху сляба, внаслідок зменшення рідкої серцевини;

- вибіркове регулювання інтенсивності подачі охолоджуючої рідини між головною та хвостовою частинами сляба;

- під час попереднього прокатування здійснюють чорнову обробку (5) тонкого сляба після його переходу у твердий стан з температурою поверхні >1100°C не більш як за чотири проходи з отриманням проміжної стрічки (5.3) товщиною 30-8мм і з поперечною різновтовщинністю 0,4мм на кожному її боці;

- під час індукційного нагрівання (8) температуру проміжної стрічки підтримують на рівні однієї з температур в межах 1000°C і 1400°C з одночасним перегріванням головної і хвостової частин стрічки;

- пластичне розтягування (17) здійснюють одночасно з усуванням окалини (17а) з поверхні проміжної стрічки;

- під час кінцевого прокатування (18) здійснюють обтиснення стрічки до товщини мінімум 0,4мм чистової стрічки не більш як за шість проходів і регулюють температуру гарячекатаної стрічки на виході >750°C (AC1); і

- у період між закінченням кінцевого прокатування (18) і намотуванням стрічки у рулони здійснюють регульоване у часі охолодження (14) стрічки (13) до досягнення мінімальної температури 200°C відповідно до діаграми (14.1) ізотермічного перетворення, характерної для марки сталі та товщини стрічки.

2. Спосіб за п. 1, який відрізняється тим, що чорнову обробку (5) здійснюють безпосередньо після переходу сляба у твердий стан з відносно гарячою серцевиною (7) з температурою, меншою ніж 1450°C і майже такою як температура (7.1) твердіння, що перевищує 1100°C, з оберненим температурним градієнтом (7.2) по товщині сляба від поверхні до центра.

3. Спосіб за п. 2, який відрізняється тим, що безпосередньо після чорнкової обробки (5) проміжну стрічку (5.3) при необхідності поперечно розділяють переважно відрізанням (10), отримуючи плоскі листи.

(13) C2

(11) 84398

(19) UA

4. Спосіб за п. 3, який **відрізняється** тим, що одразу після розділення (10) проміжної стрічки плоскі листи при необхідності вилучають (11), переміщуючи їх у поперечному напрямку.

5. Спосіб за будь-яким з попередніх пунктів, який **відрізняється** тим, що проміжну стрічку (5.3) направляють безпосередньо на кінцеве прокатування одразу після регулювання температури в зоні індукційного нагрівання (8) у випадку безперервного прокатування (15) або намотують (16.1) у рулоні на проміжній стадії перед кінцевим прокатуванням.

6. Спосіб за будь-яким з попередніх пунктів, який **відрізняється** тим, що проміжну стрічку (5.3) піддають контрольованому прокатуванню максимум за шість проходів до отримання чистої гарячекатаної стрічки з мінімальною товщиною 0,4 мм і температурою на виході після останнього проходу під час кінцевого прокатування (18) в межах (24) мінімум 750°C (AC1) і, переважно, максимум 900°C (AC3).

7. Спосіб за п. 5, який **відрізняється** тим, що проміжну стрічку (5.3) подають у чистовий прокатний стан (18) зі швидкістю 0,2-5,0 м/сек.

8. Спосіб за будь-яким з попередніх пунктів, який **відрізняється** тим, що між останнім проходом під час кінцевого прокатування і намотуванням чистої гарячекатаної стрічки (13) її доводять при регулюванні температури у часі до кінцевої температури, вищої за 200°C, та здійснюють термомеханічну обробку (14) згідно з діаграмою (14.1) ізотермічного перетворення.

9. Спосіб за п. 8, який **відрізняється** тим, що для отримання бажаної структури і властивостей матеріалу та бажаної якості (23) сталі, чистову гарячекатану стрічку (13) певної товщини і хімічного складу (аналіз сталі) піддають термічному контролю у часі, охолоджуючи її в зоні (19.1), (20.1) охолодження, а також в зоні (20.3) ізолювання або нагрівання, згідно з відповідною діаграмою ізотермічного перетворення.

10. Спосіб за п. 9, який **відрізняється** тим, що чистову гарячекатану стрічку (13) з бажаними властивостями матеріалу намотують у рулоні.

11. Спосіб за п. 9, який **відрізняється** тим, що чистову гарячекатану стрічку (13) з бажаними властивостями матеріалу направляють безпосередньо на наступні технологічні операції (20.2) без попереднього намотування у рулоні.

12. Спосіб за будь-яким з попередніх пунктів, який **відрізняється** тим, що термомеханічну обробку (14) здійснюють за допомогою системи (22) регулювання процесу з можливістю вибору конкретних параметрів для відповідного типу сталі згідно з діаграмою (14.1) ізотермічного перетворення, причому система (22) має основну майстер-систему (22.7) і шість технологічних підсистем (22.1-22.6) для програмування, забезпечення виконання і регулювання всього процесу.

13. Виробнича лінія для безперервного виробництва надтонкої гарячекатаної стрічки з тонкого сляба, отриманого безперервним литтям, яка містить машину (1) для безперервного лиття тонкого сляба з кристалізатором, виконаним з можливістю отримання сляба шириною максимум 2,2 м і тов-

щиною 100-70 мм на виході з нього, та приєднані до неї технологічні лінії, такі як:

- чорновий прокатний стан (5), який має не більше чотирьох прокатних клітей;

- секцію (8) індукційного нагрівання;

- чистовий прокатний стан (18), який має не більше шести прокатних клітей;

- принаймні одну секцію (20) для намотування;

- лінію охолодження між чистовим прокатним станом (18) і секцією (20) для намотування;

яка **відрізняється** тим, що машину (1) безперервного лиття виконано з можливістю забезпечення формування сляба з поперечною різнотовщинністю на кожному боці, причому вона містить:

- роликіву проводку (3) для зменшення товщини сляба (3.1) під час твердіння від 100-70 мм на виході з кристалізатора до товщини (3.2) після переходу у твердий стан, що дорівнює 80-40 мм, усередині роликіву проводки за найбільш можливої (2.3) швидкості лиття 10 м/хв.;

- систему (3В) додаткового охолодження розпиленням за допомогою розпилювальних сопел у відповідності зі згаданою машиною (1) для безперервного лиття;

при цьому:

- чорновий прокатний стан (5) обладнаний валками, що забезпечують формування поперечної різнотовщинності сляба до 0,4 мм на кожному боці;

- секція (8) індукційного нагрівання має довжину максимум 40 м і розміщена одразу після чорнового прокатного стану (5), причому вона виконана з можливістю забезпечення на виході з неї температури проміжної стрічки (8.1) 1100-1400°C і з можливістю керування перегрівом головної та хвостової частин проміжної стрічки за допомогою спеціального алгоритму;

а також лінія містить пристрій (17) для пластичного розтягування, який скомбіновано з пристроєм (17а) для усування окалини і розміщено перед чистовим прокатним станом (18), і який складається з вузла верхніх і нижніх валків у загальній кількості принаймні три.

14. Виробнича лінія за п. 13, яка **відрізняється** тим, що чорновий прокатний стан (5) розміщено безпосередньо за машиною (1) для безперервного лиття на відстані 10 м від неї.

15. Виробнича лінія за п. 13 або п. 14, яка **відрізняється** тим, що безпосередньо за чорновим прокатним станом (5) розміщено пристрій (10) для поперечного різання, переважно у вигляді ножиць.

16. Виробнича лінія за п. 15, яка **відрізняється** тим, що безпосередньо за пристроєм (10) для поперечного різання розміщено пристрій поперечного транспортування для видалення листів, отриманих від проміжної стрічки.

17. Виробнича лінія за п. 13, яка **відрізняється** тим, що між секцією (8) індукційного нагрівання і пристроєм (17) для пластичного розтягування безпосередньо перед чистовим прокатним станом (18) розміщено проміжну секцію (16.1) для намотування в рулоні.

18. Виробнича лінія за п. 13, яка **відрізняється** тим, що відстань між клітками чистового прокатного стану (18) складає максимум 6 м.

19. Виробнича лінія за п. 13, яка **відрізняється** тим, що безпосередньо за останньою кліттю чистового прокатного стану розміщено намотувальну секцію (19), переважно моталку карусельного типу, якій передує лінія (19.1) для інтенсивного охолодження.

20. Виробнича лінія за п. 19, яка **відрізняється** тим, що має додаткову лінію (20.1) для охолодження гарячекатаної стрічки з принаймні однією моталкою (20) з рухом стрічки донизу, розташовану на кінці всієї виробничої лінії.

21. Виробнича лінія за п. 19 або п. 20, яка **відрізняється** тим, що лінії (19.1; 20.1) для охолодження обладнано лінією для ізолювання і/або пічку (20.3) індукційного нагрівання.

22. Виробнича лінія за п. 13, яка **відрізняється** тим, що її виконано з можливістю безпосередньої подачі гарячекатаної стрічки, прокатаної та охолодженої з регулюванням температури в часі (14), на

наступну технологічну лінію без попереднього намотування у рулоні.

23. Виробнича лінія за будь-яким з пунктів 13-22, яка **відрізняється** тим, що має систему (22) регулювання процесу, яка складається з основної "майстер" системи (22.7) і шести додаткових периферійних підсистем (22.1-22.6) для програмування, керування і регулювання всього процесу.

24. Виробнича лінія за п. 23, яка **відрізняється** тим, що систему (22) регулювання процесу виконано з можливістю отримання ззовні, наприклад, від програмуючої центральної комп'ютерної системи, специфічних параметрів, що стосуються якості сталі, для термомеханічного прокатування (14) згідно з діаграмою (14.1) ізотермічного перетворення з температурою на виході з останньої кліті чистового прокатного стану (18) в межах AC3/AC1 (24) між 900°C і 750°C.

Винахід стосується способу, а також відповідної виробничої лінії, для виробництва надтонкої гарячекатаної стрічки, яку обтискують прокаткою крізь термомеханічний засіб до товщини мінімум 0,4 мм, застосовуючи технологію тонкого сляба.

Відомо, що так звана технологія "тонкого сляба" для виробництва гарячекатаної стрічки набула швидкого розвитку від часу першого такого виробництва у США та Італії, починаючи відповідно з 1990р. і 1992р.

В цей час за цією технологією вже можна виробляти гарячекатану стрічку із сталі будь-якої якості, наприклад, як з вуглецевих сталей, так і з неіржавіючих сталей. Рівень техніки описано, наприклад, у [патентах DE 3840812C2, EP 0415987B1, DE 19520832A1 і в міжнародній публікації WO 00/20141]. За ретельного вивчення рівня техніки виявляється, що важко регульованим параметром є температура: коли швидкість витягування злитка дорівнює 4-6м/хв. і товщина гарячої стрічки є <2мм, температури проміжної стрічки <900°C (AC3) вимірюють на виході з чорнового прокатного стану, а температури стрічки <750°C (AC1) на виході з чистового прокатного стану, через що виникають складності як щодо відтворення властивостей матеріалу, так і забезпечення безпеки виробництва.

Щоб уникнути зниження цих критичних температур, товщина проміжної стрічки після чорнового стану або стану з високим ступенем обтиснення (CBCO) із швидкістю витягування злитка 4-6м/хв. не може бути меншою за 20мм. Така товщина проміжної стрічки призводить, наприклад, після пропуску крізь зону індукційного нагрівання і досягнення стрічкою температури приблизно 1200°C на виході з печі, знову до обмежень товщини гарячої числової стрічки, які не можливо знижувати далі без одночасного зниження температур нижче температури AC1 (750°C), як у випадку з вуглецевою сталлю із вмістом вуглецю 0,06%, і наступного зниження якості сталі.

Десятирічний досвід виробництва і вдосконалення технології "тонкого сляба" показав, що ринок потребує гарячекатаної стрічки кращої якості і меншої вартості. Ринок зокрема потребує гарячекатаної стрічки мінімальної товщини 0,4мм і одночасно термомеханічно прокатаної відповідно до діаграми ізотермічного перетворення з отриманням бажаних і вдосконалених механічних характеристик матеріалу. За таких умов було взято до уваги дешеве виробництво двофазних, TRIP і TWIP сталей технологічно оптимальним шляхом із застосуванням технології "тонкого сляба".

Метою винаходу є вдосконалення комбінації способу і виробничої лінії, що базується на технології "тонкого сляба" з допомогою гарячої чистової прокати стрічки, для забезпечення виробництва надтонкої гарячекатаної стрічки, яка має керовану кристалічну структуру, і відповідно керовані властивості матеріалу, товщиною мінімум 0,4мм і максимальною шириною 2,2м термомеханічним шляхом у відповідності до діаграми ізотермічного перетворення.

Іншою метою винаходу, у додаток до стандартного виробництва гарячекатаної стрічки, яка намотана у бухту з характерною вагою приблизно 20кг/мм ширини, є так звана "безперервна прокатка" вище згаданої високоякісної гарячекатаної стрічки, яка також дозволяє при будь-якій вазі бухти пряме з'єднання з наступними технологічними операціями.

Додатковою метою винаходу також є забезпечення вторинної охолоджуючої системи машині для лиття, яка діє під час зменшення рідкої серцевини.

Вище зазначені цілі досягають зокрема за допомогою ознак, які не є очевидними з рівня техніки і які визначені у незалежних пунктах 1 і 13 формули винаходу.

Далі винахід буде описаний з посиланнями на додані креслення прикладів, які не обмежують винаходу, де:

на Фіг.1а і в схематично показано переважний приклад виробничої лінії для здійснення способу згідно з винаходом;

на Фіг.2 схематично показано переважне втілення системи регулювання процесу;

на Фіг.3 показано діаграму температур стрічки в залежності від товщини стрічки або кількості проходів;

на Фіг.4 показано діаграму змін температур стрічки в залежності послідовності проходів в часі;

на Фіг.5 показано діаграму ізотермічного перетворення для аналізу сталі при виробництві двофазної сталі і сталей типу TRIP або TWIP.

Переважна виробнича лінія за винаходом, яка спроможна реалізовувати спосіб за винаходом, показана з своїми компонентами на Фіг.1а і 1б. На початку лінії знаходиться машина 1 для безперервного лиття з хитним кристалізатором 2, який забезпечує подачу матеріалу на його виході з максимальною швидкістю 10мм/хвил, при ширині сляба 800-1200мм і товщині 100-70мм. Нижче кристалізатора розташовано роликову проводку (або рольганг) 3 для зменшення максимальної товщини сляба механічним способом на 60% у зоні 3.1 під час тверднення і до 80-40мм у зоні 3.2 із швидкістю лиття, яка повинна постійно підтримуватися на її максимальних величинах для отримання кращої продуктивності і найвищої температури сляба на виході з машини для лиття.

Відомо, що кристалізатор переважно повинен мати таку форму, щоб на виході з нього сляб мав не цілком прямокутний поперечний переріз, а був опуклим, тобто мав поперечну різнотовщинність величиною переважно 0,5-5мм на кожному боці 2.2. Згодом отримана попередня стрічка 5.3, після прокатки сляба із серцевиною у твердому стані, буде переважно мати поперечну різнотовщинність максимум 0,4мм на кожному боці.

Спеціальний технічний пристрій з програмним керуванням може бути застосованим для забезпечення геометричних допусків, необхідних для цієї стрічки, які вміщують варіювання товщини сляба, який виходить з пристрою безперервного лиття, в межах ± 1 мм, безвідносно до зазору між валками і їх зношення. Для цього активатор/регулятор для визначення робочого положення і пристрій для керування паралельністю комбінують з першою частиною машини для безперервного лиття.

Це означає, що процес тверднення закінчується у зоні 3.3 на кінці машини для безперервного лиття.

Зменшення вище згаданої товщини сляба під час тверднення вважається найбільш важливою технічною перевагою способу і відносну кількість позначають як параметр VI, який також є елементом даних 22.1 системи регулювання процесу на Фіг.2. Фактично наслідком зазначених величин зменшення товщини є досягнення тонкої кристалічної структури і зменшення внутрішніх тріщин і сегрегації, внаслідок чого отримують поліпшені характеристики матеріалу. Крім того, зменшення товщини сляба може бути вибрано для того, щоб оптимізувати умови всього процесу виробництва.

Важливим на цій стадії процесу було здійснення особливого вторинного охолодження 3В

типу повітря/вода, для зменшення рідкої центральної частини у точці 3. Метою цього процесу було досягнення варіації температури $\pm 30^{\circ}\text{C}$ на обох зовнішніх поверхнях контакту з витяжними роликками 3d для отримання якомога рівномірного розподілу температури, тобто, для досягнення вище згаданих умов забезпечення внутрішньої якості, і, завдяки всьому вище зазначеному, зменшення до мінімуму ефекту спучування при високій швидкості лиття (до 8м/хв.) і вихідній температурі нижче 1200°C , щоб запобігти ефекту подовження аустенітних зерен, що негативно впливає на якість продукту під час прокатки.

Що стосується інтенсивності, тобто забезпечення прийнятного об'єму води з розрахунку 0,6-3 літри на кг. продукту та концентрації охолодження (л/хв. на м^2), то вона повинна бути більшою у верхній частині машини для лиття, де температури сляба є більш високими, випаровування охолоджуючої води є більш інтенсивним, а зовнішня оболонка є все ще тонкою, завдяки чому передача тепла рідкою центральною частиною полегшується. Переважно використовувати сопла 3а типу "повітря-туман".

Рівномірність температури по периметру кожного поперечного перерізу може бути досягнута вибором прийнятної кількості сопел 3а і конфігурацією їх розпилення у просторі між кожною парою протилежних роликів. Також повинне бути забезпечено вибіркове регулювання подачі з сопел на передній і зворотний боки сляба, збільшуючи подачу на зворотний бік для компенсації відсутності застійної зони в угнутій ділянці між передніми роликками і слябом. З цією ж метою корисно здійснювати вибіркове динамічне регулювання на деяких соплах у кожній ділянці між послідовними роликками, одночасно підтримуючи, наприклад, температуру верхньої та/або нижньої поверхні сляба на поперечних перерізах, наприклад, з допомогою сканера інфрачервоного випромінювання.

Для забезпечення рівномірності температури у поздовжньому перерізі проводять динамічне регулювання загальної подачі і/або розподілу рівномірності охолодження вздовж машини для лиття, щоб підтримувати бажані температури на поверхні сляба постійними у одній або більше точках виміру вздовж цієї машини. Слід зауважити, що температури у цьому напрямку можуть залежати від багатьох параметрів, таких як швидкість лиття, температури лиття сталі, суті теплового обміну у кристалізаторі і хімічного складу сталі. Очікувані температури поверхні сляба розраховують з допомогою прийнятих моделей тверднення, які враховують:

- хімічний склад сталі;
- чутливість сталі до внутрішньої деформації (спучування);
- чутливість сталі до температурних градієнтів (можливість появи внутрішніх або поверхневих тріщин у поперечному або поздовжньому напрямку);
- геометричні характеристики машини для безперервного лиття;
- передбачувані швидкості лиття;
- передбачувані металургійні довжини.

Для здійснення цього вторинна охолоджуюча система має різні ділянки з соплами, які для регулювання мають трубопровідну арматуру для води і/або повітря у випадку охолодження типу "повітря-туман", причому, у верхній частині машини можуть бути сопла як на передньому так і на задньому боках, а в нижній частині вони можуть бути різними для переднього і для заднього боків. Ця трубопровідна арматура може регулювати тільки деякі сопла, які присутні у кожному з просторів між роликками, щоб мати більш ніж одне технологічне регулювання охолодження у поперечному напрямку.

Сляб 2.2 безпосередньо подають на виході машини для безперервного лиття до чорнового прокатного стану (або СВСО) 5 для прокатки до товщини 30-8мм не більш як за чотири проходки. Визначають зменшення товщини, отриманої при цій прокатці, щоб мати найкращі умови для здійснення процесу в цілому. Крім того, відносно невелика швидкість 4-10м/хв., тобто 0,066-0,166м/сек., на вході 5.1 спричиняє достатньо відчутне розширення прокатаного продукту або сляба 5.2, а тому забезпечує поліпшений профіль, симетричний у поперечному напрямку з відхиленнями менш ніж 1%. Такий поліпшений профіль проміжної стрічки 5.3 є базовою умовою для отримання якісного профілю кінцевого продукту 13, іншими словами тонкої гарячекатаної стрічки товщиною 1,5-0,4мм.

Прийнятну якість профілю проміжної стрічки 5.3, за умови низької швидкості прокатки на ділянці 5.1 на вході у СВСО 5, можна вважати другою технічною перевагою V2 процесу, здатною значною мірою вплинути на гнучкість всього процесу і на якість продукту. Ці умови можна зазначити як параметр 22.2 у системі 22 регулювання процесу, яку далі описано з посиланням на Фіг.2.

Завдяки забезпеченню переважно невеликої відстані 6 між машиною 1 для безперервного лиття і входом у СВСО 5, наприклад, 0,5-4м, сляб 2.2, який переходить у твердий стан на кінці роликкової проводки 3, просувається по чорновому прокатному стану з температурою 1450°C у його найглибшій ділянці 7, тобто, як звичайно говорять, з "гарячою серцевиною", і з температурою на поверхні 1150°C. Такий обернений температурний градієнт 7.2 сляба 2.2 у половині товщини сляба на вході у СВСО 5 дозволяє більш рівномірне і постійне перетворення по всій товщині матеріалу, який прокатують на ділянці 5.2, тому, що так звана "серцевина" прокатується більш рівномірно. Це також проявляється на краях матеріалу, що прокатується, які є округленими і добре визначеними на виході з СВСО 5.

Продукт, який прокатують, або сляб 5.2 з його інвертованим температурним інгредієнтом 7.2, завдяки безпосередньому входу у чорновий прокатний стан 5, також сприяє тому факту, що властивості матеріалу, а також профіль проміжної стрічки 5.3 і кінцевої гарячекатаної стрічки виходять високоякісними.

Цей "інвертований температурний інгредієнт" 7.2, який до теперішнього часу взагалі є незвичайним у технології прокатки, базується взагалі на постійному розподілі температури по всій товщині

сляба при максимальній варіації 30°C; у цьому випадку внутрішня серцевина є більш холодною ніж поверхня, що призводить до отримання позитивних характеристик кінцевого продукту і може вважатися третьою технічною перевагою V3 процесу (22.3 стосовно регулюючої системи на Фіг.2).

Навпаки, при збільшенні відстані 6.1 між машиною 1 для безперервного лиття і входом у СВСО 5, наприклад, до 350м, щоб дозволити розміщення компенсаційної печі (переважно роликкової печі безперервної дії) для компенсації температури матеріалу, який катають, або сляба 5.2, так звана третя перевага V3, яка відповідає оберненому температурному інгредієнту 7.2, як було визначено вище, втрачається.

Після проходження крізь чорновий прокатний стан СВСО 5 проміжна стрічка 5.3, товщиною 30-8мм, для покращення умов для процесу взагалі, безпосередньо входить у секцію 8 індукційного нагрівання. Відстань між виходом з СВСО 5 і входом у частину 8 повинна бути якомога коротшою для зменшення температурних втрат тому, що температура проміжної стрічки 9 не повинна знижуватись за АС3, тобто приблизно 900°C, щоб залишити аустенітну ділянку кристалізації.

Відстань між виходом з СВСО і входом в секцію 8 індукційного нагрівання повинна бути обладнана пристроєм поперечного відокремлення, переважно цей пристрій є ножицями, і поперечним транспортером 11 для забезпечення безпеки і уникнення поломки прокатного стану. Листи у вигляді плит, які нарізають при виникненні поломки лінії, вже мають достатньо хороші властивості матеріалу, а тому їх можна продавати. Щоб температурні втрати в проміжній стрічці 5.3 були якомога меншими, у зоні поперечного транспортера необхідно мати поворотне покриття 12 для її ізолювання або навіть поворотне покриття з можливістю індукційного нагріву 12.1 між ножицями 10 і входом у секцію 8 індукційного нагрівання.

При проходженні крізь секцію 8 індукційного нагрівання проміжна стрічка 5.3 має товщину 30-8мм в залежності від бажаної товщини гарячекатаної стрічки 13 і з огляду на програмовану термо-механічну прокатку 14, як видно на діаграмі 14.1 ізотермічного перетворення з урахуванням товщини гарячекатаної стрічки і типу структури при температурі між 1100-1400°C. Така гнучкість у керуванні температурою може бути досягнута тільки індукційним нагріванням, оскільки піч, яку живлять первинною енергією, виявляє інерційність і її температуру не можна одразу змінити з температури гарячої стрічки на іншу.

Згідно з винаходом, передбачено алгоритм для регулювання перегрівання попередньої стрічки 5.3 (її головної і хвостової частин) і зокрема регулювання температури в індукційній печі 8.

Практичні випробування показали, що регульоване перегрівання головної і хвостової частин проміжної стрічки значною мірою допомагає уникнути перекосів під час чистової прокатки і отримати продукт, що відповідає найжорсткішим допускам, особливо у виробництві надтонкого продукту (<1мм).

Таку гнучкість керування температурою проміжної стрічки з допомогою індукційної печі 8 для забезпечення оптимізованої термомеханічної прокатки відповідно до діаграми ізотермічного перетворення можна вважати четвертою технічною перевагою V4 цього процесу (відповідний параметр 22.4 у системі регулювання на Фіг.2).

Спосіб згідно з винаходом і виробнича лінія для його здійснення дозволяють обирати або "безперервну прокатку" 15, або навіть стандартну прокатку до отримання рулонів 16 з питомою вагою, наприклад, 20кг/мм ширини стрічки. У випадку "безперервної прокатки" 15 проміжну стрічку 5.3 подають на чистовий прокатний стан 18 з необхідною температурою, яку було встановлено у індукційній печі 8 між 1100°C і 1400°C (8.1), і на вхідній швидкості, яка пов'язана із швидкістю 2.3 лиття і яка є такою самою як і швидкість на виході з CBCO по всьому пристрою 17 пластичного розтягування і пристрою 17а для усування окалини.

У пристрої 17 стрічка подовжується від початкової довжини L_0 до:

$$E = (L_1 - L_0)/L_0$$

Розтягування, яке призводить до зазначеного подовження, призводить до пластичного згину при проходженні крізь ролики 17.1, що стає причиною руйнування зв'язаної а-б і закатаної окалини, яка є менш пластичною і більш легкою, ніж сталь, і все це відбувається при температурі в межах 600 і 1300°C. Окалина, яка руйнується в такий спосіб, як показано на Фіг.1b, позиції a^1 і b^1 , повністю усувається у наступній після пристрою 17 операції 17а для усування окалини, так що попередня стрічка 5.3 на вході у числовий стан 18 має поверхню вільну від будь-якої окалини. Тому є можливим після чистового стану 18 отримати продукт, вільний від поверхневих дефектів.

Слід зауважити, що вище зазначений пластичний згин також переважно досягається застосуванням відносного переміщення з глибинним проникненням між верхніми і нижніми роликами 17.1 так, що відбувається згин в умовах пластичної деформації, що забезпечує розтягування матеріалу більш як на 2%. Для цього може бути встановлено регулюючу систему для роликів 17.1 і систему регулювання сили у пристрої 17. Ця система переважно включає засіб, спроможний утримувати розтягування матеріалу у межах допустимих величин (<0,7%) змін довжини шляхом використання пристрою для виміру змін масової витрати з допомогою двох пристроїв для кодування, пов'язаних із входом і виходом пристрою 17.

Для безперервної прокатки 15 потрібна моталка 19 карусельного типу з попереднім нагрівачем 19.1 і ножицями 19.2, переважно летючими ножицями, безпосередньо після виходу з чистового прокатного стану 18 на відстані приблизно 20-30м біля стандартної моталки 20 з рухом стрічки донизу і з ламінарним охолодженням перед нею, яке забезпечується на випускному рольгангу 20.1 довжиною приблизно 60м. При відповідному пристосуванні виробництва безперервна прокатка також дозволяє забезпечити прямий зв'язок з наступною технологічною операцією 20.2, такою як травлення, холодна прокатка або гальванізація.

Безпосередній зв'язок машини 1 для безперервного лиття і чорнового прокатного стану 5 з чистовим станом 18 і наявність секції 8 індуктивного нагрівання при вищевказаній "безперервній прокатці" можна зазначити як п'яту технічну перевагу V5 процесу (параметр 22.5 у регулюючій системі 22 на Фіг.2).

Спосіб згідно з винаходом з відповідною виробничою лінією для його здійснення також забезпечує виробництво звичайних рулонів гарячекатаної стрічки 16 шириною 20кг/мм. У виробництві рулонів з гарячекатаної стрічки стандартної ваги спосіб, разом з виробничою лінією, дозволяє змінювати у процесі гарячого прокатування

- вхідну швидкість 18.2 між 3,3 і 0,6м/с; і

- температуру проміжної стрічки 8.1 між 1000 і 1400°C,

з метою забезпечення можливості виробництва гарячекатаної стрічки різної товщини і якості сталі у різних рулонах, кожного разу за найкращих умов, з допомогою термомеханічного прокатування.

Така висока гнучкість параметрів процесу, таких як вхідна швидкість проміжної стрічки 18.2 у чистовому прокатному стані, а також її температура 8.1, завдяки наявності секції 8 індукційного нагрівання, дає можливість здійснювати термомеханічне прокатування 14 з врахуванням діаграми ізотермічного перетворення і відповідно виробляти сталі різної якості і гарячекатану стрічку різної товщини в різних рулонах. Це можливо вважати шостою технічною перевагою V6 процесу (параметр 22.6 системи 22 регулювання процесу на Фіг.2).

Вищезазначені шість технічних переваг процесу з високою гнучкістю використовують для якнайкращого прокатування у чистовому прокатному стані 18, який має максимум шість клітей, при забезпеченні вихідної температури 21, яка вище температури AC1 (приблизно 750°C), і регулюванні термомеханічної температури 14 гарячекатаної стрічки 13 згідно діаграми 14.1 ізотермічного перетворення для отримання гарячекатаної стрічки 13.1 товщиною, яку попередньо встановлено як мінімум 0,4мм і максимум 12мм.

На попередньо встановлені величини якості сталі і товщини гарячекатаної стрічки, які приводять до відповідних діаграм ізотермічного перетворення, при програмуванні операцій прокатування визначають наступне:

- стратегію охолодження;

- програмування проходів; що пов'язане з керуванням температурою стрічки у чистовому прокатному стані, включно з усіма шістьма технічними зонами, які впливають на процес, як було описано вище.

Така сьома технічна перевага V7 (параметр 22.7 в системі 22 регулювання процесу на Фіг.2) з її параметрами процесу вважається основною або "майстер" базою для найкращого забезпечення всього процесу, починаючи від машини 1 безперервного лиття до можливих відгалужених секцій 19 або 20 у випадках безперервного прокатування або виробництва стандартної гарячекатаної стрічки, і вона керує параметрами процесу у шести технологічних зонах процесу, як було описано ви-

ще, і може бути визначена як система 22 регулювання процесу.

На Фіг.2 показана система 22 регулювання процесу представлена майстер-системою 22.7 у зоні чистового прокатного стану, включно з охолодженням і наступним намотуванням у рулон, а також залежними підсистемами 22.1-22.6 для проведення всього процесу відповідними засобами. Така система 22 забезпечує власні данні для досягнення якостей сталі, яку виробляють, наприклад, двофазної сталі або сталей типу TRIP або TWIP з особливими характеристиками матеріалу (див. діаграму 23 і діаграму 14.1 ізотермічного перетворення), в залежності від типу термомеханічної прокатки 14. У зоні чистового прокатного стану, включно з охолодженням згідно з діаграмою ізотермічного перетворення, майстер-система 22.7 визначає дані процесу для досягнення переважних цілей, які є бажаними з точки зору найкращої якості стрічки, безпеки виробництва, а також зменшення вартості виробництва.

Графіки на Фіг.3 і 4 отримано на основі таблиці, наведеної нижче, яка показує програму проходів на чистовому прокатному стані 18 з п'ятьма клітками для виготовлення гарячекатаної стрічки товщиною 0,7мм за умови безперервного прокатування 15, а також відповідні варіації температури проміжної стрічки 5.3 від виходу з секції 8 індукційного нагрівання до виходу гарячекатаної стрічки товщиною 0,7мм з п'ятої клітки чистового прокатного стану 18 з нульовою подачею теплоти під час п'яти перетворюючих проходів.

Параметри		ІП	П1	П2	П3	П4	П5	КП	СМ
Відстань	м	10	5	5	5	5	20	60	
Товщина стрічки	мм	10	5	3	1,5	0,9	0,7		
Швидкість	м/с	0,6	1,2	2,0	4,0	6,7	8,6		
Час (1:3)	с	17	4,2	2,5	1,25	0,75	2,3	6,9	
<< Час		17	21,2	23,7	24,95	25,70	28,0	34,9	
Температура	°C	1100 *1	982	935	895	855	825		
Швидкість охолодження	°C/с	4	11	16	32	40	50		
	°C	1200 *1	1048	995	945	901	864		
	°C/с	6	13	20	35	50	56		
	°C	1300 *1	1114	1047	991	941	894		
	°C/с	8	16	22	40	60	68		
	°C	1400 *1	1180	1086	1023	960	913		
	°C/с	10	22	25	50	65	71		
Зменшення товщини за кожний прохід	мм		10/5	5/3	3/1,5	1,5/0,9	0,9/0,7		
	%		50	40	50	40	22		

Основні умови :

- Швидкість лиття 7,2м/хв.

- Товщина сляба 50мм

- СВСО 50/10мм

- Безперервне прокатування

1) включ, з 50°C для усування окалини

ІП - Індукційна піч

КП - Карусельна піч

СМ - Стандартна моталка.

На Фіг.3 показані зміни температури стрічки у функції запрограмованих послідовних проходів або товщини стрічки у міліметрах для різних температур проміжної стрічки на виході з секції 8 індукційного нагрівання. Діаграма ясно показує, що, коли температура зростає між 1100 і 1400°C, то температура стрічки, яка виходить з п'ятої клітки зростає від 825°C на 88°C тобто до 913°C, внаслідок чого вона знаходиться вище точки АС3 на відмітці приблизно 900°C, тобто у аустенітній зоні. Шляхом підвищення температури стрічки у індукційній печі досягають більш високої гарантії термомеханічної обробки згідно з діаграмою ізотермічного перетворення.

На Фіг.4 показані температури стрічки в функції послідовних проходів у часі, вираженому у секундах, при різних температурах проміжної стрічки, яка виходить з секції 8 індукційного нагрівання. Аналіз цієї діаграми приводить до тих самих висновків, що і діаграми на Фіг.3, але робить більш ясным те, що із зменшенням товщини стрічки охолодження зростає більше, ніж пропорційно за законом випромінювання Больцмана і умови для стрічки товщиною тільки 0,4мм стають відповідно більш критичними. Метою є утримання температури в межах величин 24 між АС3 і АС1 (900°C-750°C), наприклад, для вуглецевої сталі, склад якої:

- 0,15% C

- 1,50% Mn

- 1,50% Si

- 0,50% Cu,

і утримання температури у мартенситній зоні на рівні приблизно 430°C. Для цього, і головне, щоб не знизиться нижче найнижчої границі АС1, можливо підвищення швидкості лиття 2.3 у випадку безперервного прокатування і підвищення вхід-

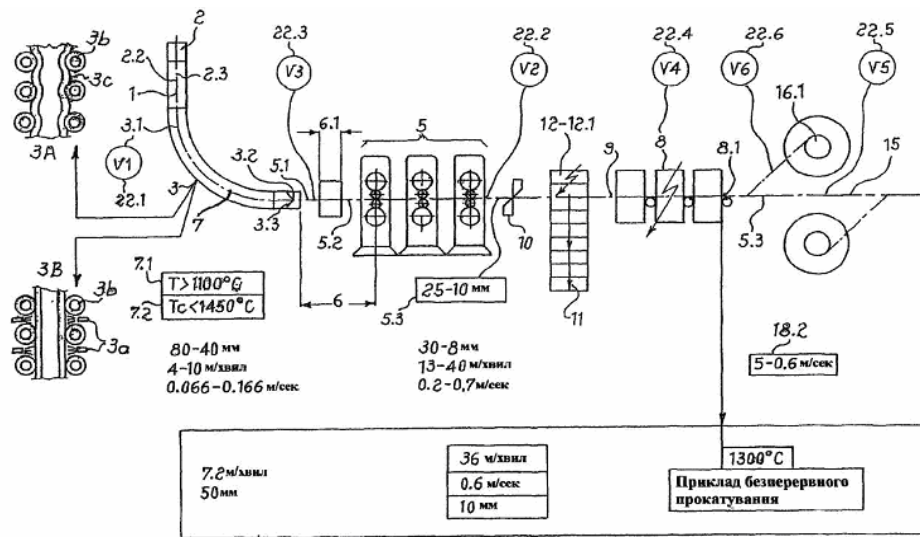
ної швидкості 18.2 у чистовому прокатному стані у випадку стандартного виготовлення рулонів.

На Фіг.5 показано діаграму ізотермічного перетворення для аналізу сталі, відповідно до якої двофазна сталь або сталі типу TRIP або TWIP можуть бути вироблені шляхом різного регулювання температури гарячекатаної стрічки між останньою кліткою чистового прокатного стану 18 і моталкою 19 карусельного типу або наступною стандартною моталкою 20. У випадку двофазної сталі, внаслідок високої швидкості охолодження і збагачення вуглецем у відокремленому фериті, температуру приблизно 250-200°C досягають з наступним відокремленням мартенситу. У випадку сталі типу TRIP за таким самим аналізом сталі, внаслідок меншої швидкості охолодження, має місце формування фериту, бейніту і залишкового аустеніту.

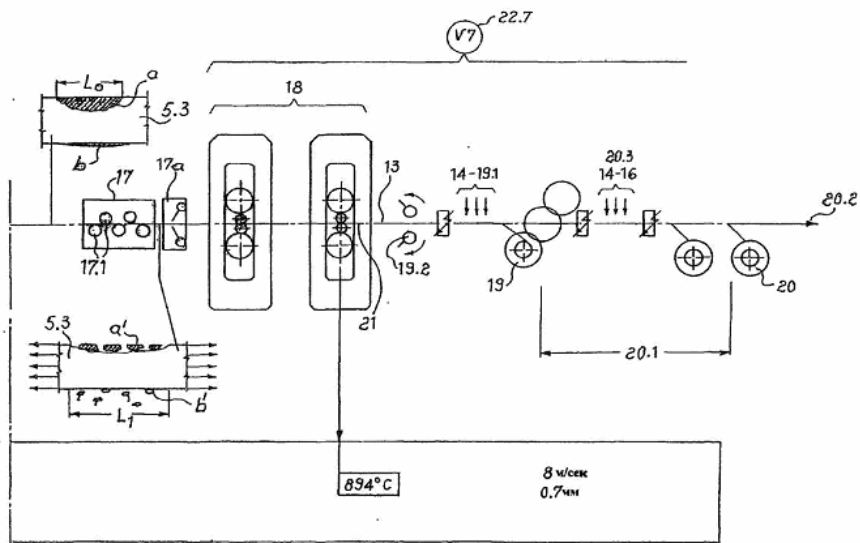
Діаграма ізотермічного перетворення також дозволяє визначити, що на ділянках охолодження між останньою кліткою чистового прокатного стану 18 і моталкою 19 карусельного типу або наступною стандартною моталкою 20 додатково на відповідній ділянці охолодження треба розмістити ізоляційну лінію і/або лінію 20.3. для індукційного нагрівання.

З вищесказаного випливає, що основною перевагою винаходу є те, що можна виготовляти надтонку гарячекатану стрічку товщиною до мінімум 0,4мм з високоякісних сталей, як вуглецевих

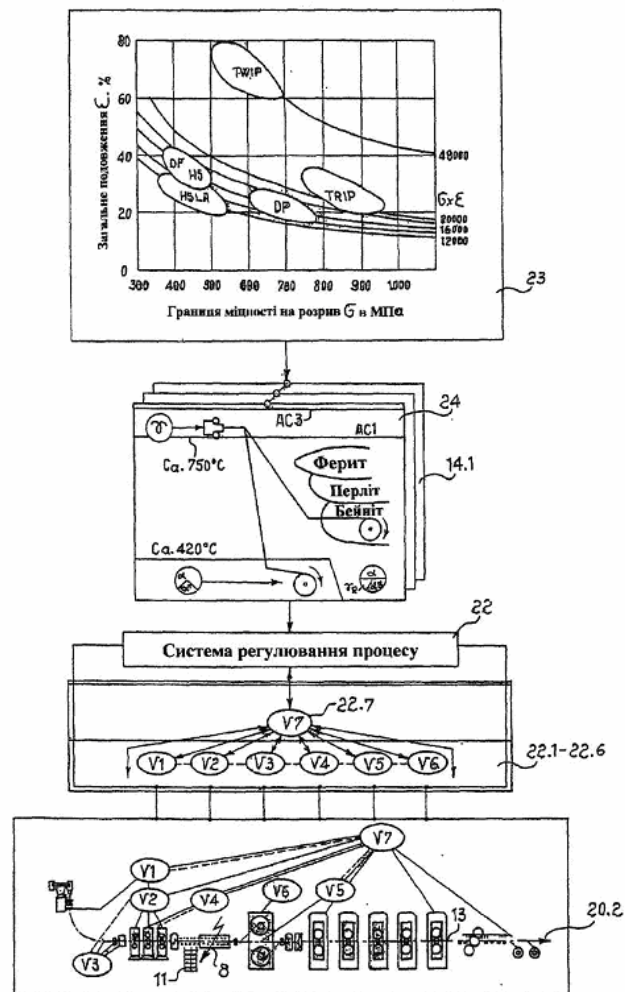
так і неіржавіючих, для автомобільної промисловості технологією тонкого сляба. Описаний вище спосіб з відповідною виробничою лінією дає можливість забезпечити невідому до цього часу гнучкість керування всім процесом і окремими його операціями та відповідними пристроями і обладнанням виробничої лінії, зокрема машиною 1 безперервного лиття, чорновим СВСО 5, секцією 8 індукційного нагрівання, проміжною моталкою 16.1 і чистовим прокатним станом 18 з лінією охолодження і моталкою, що дозволяє, наприклад, успішне і економічне виробництво двофазної сталі і сталі типу TRIP або TWIP. Шляхом розрахунків параметрів відповідно до діаграми ізотермічного перетворення для різних якостей сталей і з допомогою системи 22 регулювання процесом, яка працює у взаємодії з майстер-системою 22.7 регулювання і шістьма додатковими підсистемами 22.1-22.6 регулювання, процес 14 термомеханічного прокатування може бути запрограмований, керований і регульований найкращим можливим шляхом в межах рівня параметрів процесу, починаючи від машини 1 безперервного лиття до машини 19 або 20 для намотування гарячекатаної стрічки, або до наступних технологічних операцій 20.2 гарячого прокатування безперервним способом 15 або стандартного прокатування з намотуванням у рулони.



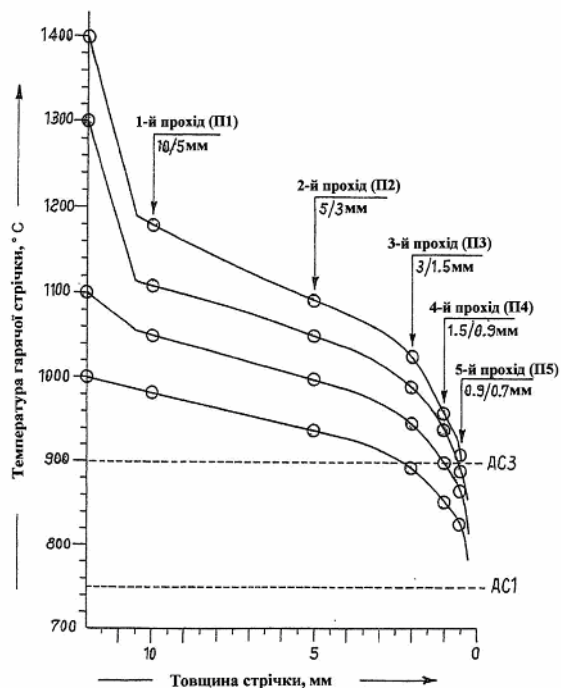
Фіг.1а



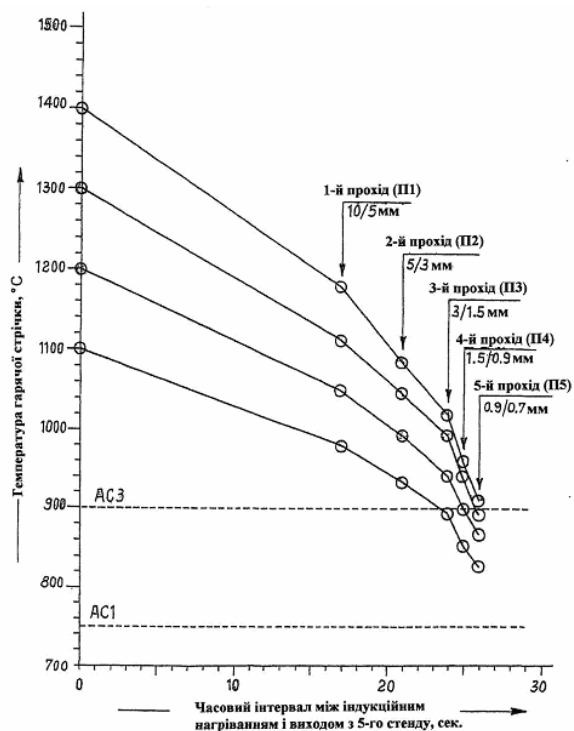
Фиг.16



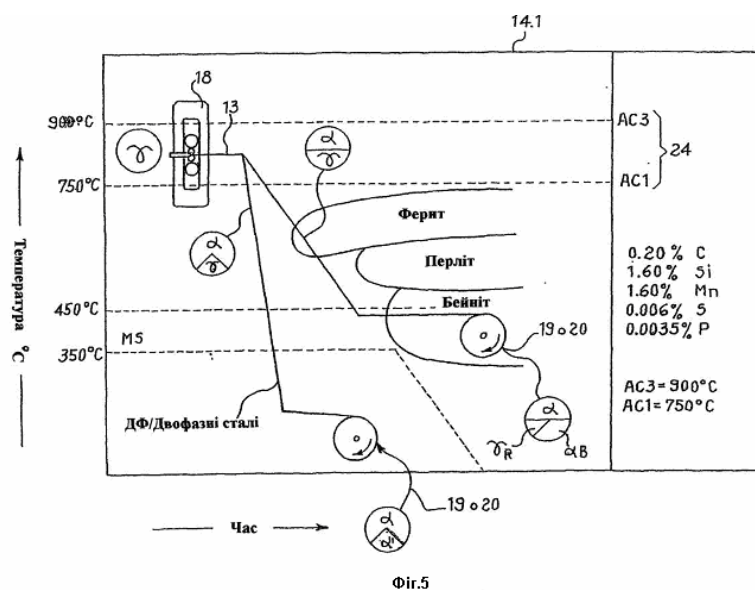
Фиг.2



Фіг.3



Фіг.4



Фіг.5