



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **125259** (13) **C2**

(51) МПК (2022.01)

**C21D 11/00****B21B 37/74** (2006.01)**B21B 37/76** (2006.01)**C21D 9/46** (2006.01)**C21D 9/48** (2006.01)

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО  
"УКРАЇНСЬКИЙ ІНСТИТУТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ"

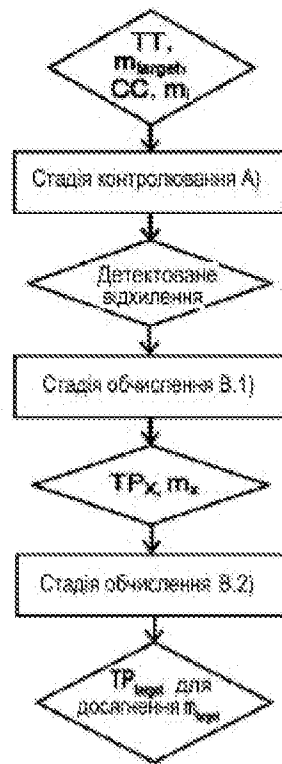
**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД**

|                                                                                          |                                          |                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>(21)</b> Номер заявки:                                                                | <b>а 2019 08327</b>                      | <b>(72)</b> Винахідник(и):                                   | <b>Боне Фредерік (FR)</b>                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <b>(22)</b> Дата подання заявки:                                                         | <b>20.12.2017</b>                        | <b>(73)</b> Володілець (володільці):                         | <b>АРСЕЛОРМІТТАЛ,</b>                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>(24)</b> Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності:                      | <b>10.02.2022</b>                        |                                                              | 24-26, Boulevard d'Avranches, 1160<br>Luxembourg, Luxembourg (LU)                                                                                                                                                                                                          |
| <b>(31)</b> Номер попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції:                  | <b>PCT/IB2016/001790</b>                 | <b>(74)</b> Представник:                                     | <b>Слободянюк Тарас Олександрович,</b>                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>(32)</b> Дата подання попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції:           | <b>20.12.2016</b>                        |                                                              | <b>реєстр. №217</b>                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>(33)</b> Код держави-учасниці Паризької конвенції, до якої подано попередню заявку:   | <b>ІВ</b>                                | <b>(56)</b> Перелік документів, взятих до уваги експертизою: | RU 2417270 C2, 27.04.2006<br>RU 2317577 C2, 20.02.2008<br>RU 2291750 C2, 20.01.2007<br>RU 2363740 C2, 10.08.2009<br>EP 2287345 A1, 23.02.2011<br>US 2007198122 A1, 23.08.2007<br>US 2003089431 A1, 15.05.2003<br>US 6185970 B1, 13.02.2001<br>US 2014175713 A1, 26.06.2014 |
| <b>(41)</b> Публікація відомостей про заявку:                                            | <b>25.11.2019, Бюл.№ 22</b>              |                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <b>(46)</b> Публікація відомостей про державну реєстрацію:                               | <b>09.02.2022, Бюл.№ 6</b>               |                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <b>(86)</b> Номер та дата подання міжнародної заявки, поданої відповідно до Договору РСТ | <b>PCT/IB2017/058189,<br/>20.12.2017</b> |                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                            |

**(54) СПОСІБ ДИНАМІЧНОГО ПІДСТРОЮВАННЯ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ТЕРМООБРОБЛЕНОЇ ЛИСТОВОЇ СТАЛІ****(57) Реферат:**

Винахід стосується способу динамічного підстроювання для виготовлення термообробленої листової сталі.

**UA 125259 C2**



Фіг. 1

Винахід стосується способу динамічного підстроювання для виготовлення термообробленої листової сталі, що характеризується хімічним складом сталі і мікроструктурою  $m_{target}$ , що містить від 0 до 100 %, принаймні, однієї фази, вибраної з числа: фериту, мартенситу, бейніту, перліту, цементиту і аустеніту, в технологічній лінії термічної обробки.

Відоме використання листових сталей з нанесеними покриттями або оголених листових сталей для виготовлення автомобільних транспортних засобів. Для виготовлення транспортного засобу використовують множину марок сталей. Вибір марки сталі залежить від кінцевої сфери застосування сталевих деталей. Наприклад, для голої деталі можуть бути вироблені сталі IF (з невеликою кількістю інтерметалічних включень), для поперечини сидіння і підлоги або передніх стоек кузова можуть бути вироблені сталі TRIP (з пластичністю, обумовленою мартенситним перетворенням), а для задніх об'язувальних брусів даху або поперечини даху можуть бути вироблені сталі DP (двофазні).

Під час виробництва даних сталей відносно сталі проводять обробки, що мають критичне значення, в цілях отримання бажаної деталі, що володіє очікуваними механічними властивостями для однієї конкретної сфери застосування. Такими обробками можуть бути, наприклад, безперервне відпалювання до осадження металевого покриття або гартуючу і перерозподіляючу обробку. Дані обробки проводять на адаптованій технологічній лінії печі.

Під час даних обробок в режимі реального часу можуть з'являтися деякі незаплановані відхилення. Наприклад, можуть варіюватися температура в печі, товщина листової сталі, швидкість технологічної лінії.

Патентна заявка US4440583 стосується способу контрольованого охолодження для сталевих штрипса, що втілюється при використанні охолоджувальної апаратури, включає множину сопел, розташованих в напрямку, в якому переміщається штрипс, при цьому сопла розпилюють хладагент відносно рухомого гарячого штрипса, і клапан регулятора витрати, прикріплений до труби, яка подає хладагент в сопла. При використанні рівняння, що включає товщину штрипса, температури початку і кінця охолодження і бажану швидкість охолодження, розраховують швидкість теплопередачі, необхідну для отримання бажаної швидкості охолодження, і отриману швидкість теплопередачі коректують відповідно до ефекту природного охолодження в зонах холостого обігу, передуючих зоні розпилювання хладагенту і наступних за нею. Після цього виходячи із заздалегідь встановленого співвідношення із швидкістю теплопередачі виконують обчислення і задають витрату хладагенту. Довжину зони розпилювання хладагенту уздовж маршруту переміщення штрипса розраховують при використанні швидкості ходу штрипса, температур початку і кінця охолодження і бажаної швидкості охолодження. Для сопел дають установки на включення і виключення так, щоб хладагент розпилювався б тільки з такої кількості сопел, яке відповідало б розрахованому значенню. У разі варіювання товщини штрипса при одночасному здійсненні контрольованого охолодження швидкість теплопередачі перераховуватимуть на підставі вищезазначених установок для коректування витрати хладагенту відповідним чином. У разі варіювання швидкості штрипса довжину області розпилювання хладагенту перераховуватимуть для коректування характеру включення-виключення сопел.

У даному способі у разі появи відхилення для коректування відхилення перераховують швидкість теплопередачі або довжину області розпилювання хладагенту. Даний спосіб не бере до уваги характеристики листової сталі, що включають хімічний склад, мікроструктуру, властивості, текстуру поверхні і тому подібне. Таким чином, існує ризик того, що одне і те ж коректування стосуватиметься будь-якого типу листової сталі навіть при демонстрації кожною листовою сталлю своїх власних характеристик. Спосіб робить можливою неіндивідуалізовану охолоджувальну обробку множини марок сталі.

Отже, коректування не адаптоване до однієї конкретної сталі, і тому в кінці обробки бажані властивості не отримують. Окрім цього, після обробки сталь може характеризуватися більшою дисперсією механічних властивостей. На закінчення, навіть у разі можливості виготовлення широкого діапазону марок сталі якість підданої обробці сталі буде незадовільною.

Таким чином, задача винаходу полягає в розшиванні вищезазначених вузьких місць в результаті пропозиції способу динамічного підстроювання для виготовлення термообробленої листової сталі, що характеризується конкретним хімічним складом сталі і конкретною мікроструктурою  $m_{target}$ , що досягаються на технологічній лінії термічної обробки. Ще одна мета полягає в підстроюванні термічного маршруту в режимі реального часу в результаті пропозиції обробки, адаптованої для кожної листової сталі, при цьому таку обробку дуже точно розраховують за найменш можливий час обчислень. Ще одна мета полягає в пропозиції листової сталі, що володіє очікуваними властивостями, при цьому такі властивості характеризуються мінімумом можливої дисперсії властивостей.

Досягнення даної мети досягають в результаті пропозиції способу, відповідного пункту 1 формули винаходу. Спосіб також може включати будь-які характеристики з пунктів від 2 до 20 формули винаходу.

Досягнення ще однієї мети досягають в результаті пропозиції рулону, відповідного пункту 21 формули винаходу. Рулон також може включати характеристики з пунктів 22 або 23 формули винаходу.

Досягнення ще однієї мети досягають в результаті пропозиції технологічної лінії термообробки, відповідної пункту 24 формули винаходу.

На закінчення, цієї мети досягають в результаті пропозиції комп'ютерного програмного продукту, відповідного пункту 25 формули винаходу.

Інші характеристики і переваги винаходу стануть очевидними виходячи з наступного далі докладного опису винаходу.

Для ілюстрації винаходи описуватимуться різні варіанти здійснення і досліди з необмежуваних прикладів, зокрема, при зверненні до наступних далі фігур:

Фіг. 1 ілюструє один приклад, відповідний справжньому винаходу;

Фіг. 2 ілюструє безперервне відпалювання листової сталі, що включає стадію нагрівання, стадію томління, стадію охолодження і стадію перестарювання;

Фіг. 3 ілюструє один переважний варіант здійснення, відповідний справжньому винаходу;

Фіг. 4 ілюструє один приклад, відповідний винаходу, де безперервне відпалювання проводять відносно листової сталі до осадження покриття в результаті занурення в розплав.

Повинні бути визначені наступні далі терміни:

- CC: хімічний склад при відбитті через рівень масового процентного змісту,

-  $m_{target}$ : цільове значення для мікроструктури,

-  $m_{standard}$ : мікроструктура вибраної продукції,

-  $R_{target}$ : цільове значення для механічної властивості,

-  $m_i$ : первинна мікроструктура листової сталі,

- X: фазова фракція в масових відсотках,

- T: температура в градусах Цельсія (°C),

- t: час (с),

- s: секунди,

- UTS: граничний опір розтягуванню (МПа)

- YS: межа текучості (МПа),

- металеве покриття на основі цинку позначає металеве покриття, що містить більш, ніж 50 мас.% цинку,

- металеве покриття на основі алюмінію позначає металеве покриття, що містить більш, ніж 50 мас.% алюмінію, і

- TT: термообробка та

- термічний маршрут, TT,  $TR_{target}$ ,  $TR_x$  і  $TR_{xint}$  включають час, температуру термообробки і, принаймні, одну швидкість, що відбирається з: швидкості охолодження, ізотермічної витримки або нагрівання. Швидкість ізотермічної витримки позначає швидкість за наявності постійної температури, та

- плинні наносередовища: плинне середовище, що включає наночастинки.

Позначення "сталь" або "листовая сталь" відповідають листовій сталі, рулону, пластині, що характеризується композицією, яка робить можливим для деталі досягнення межі міцності при розтягуванні, що доходить аж до 2500 МПа, а переважніше аж до 2000 МПа. Наприклад, межа міцності при розтягуванні є більшою або рівною 500 МПа, переважно більшою або рівною 1000 МПа, у вигідному випадку більшою або рівною 1500 МПа. Включається широкий діапазон хімічного складу, оскільки спосіб, відповідний винаходу, може бути використаний для будь-якого типу сталі.

Винахід стосується способу динамічного підстроювання для виготовлення термообробленої листової сталі, що характеризується хімічним складом сталі і мікроструктурою  $m_{target}$ , що містить від 0 до 100 %, принаймні, однієї фази, що відбирається з числа: фериту, мартенситу, бейніту, перліту, цементиту і аустеніту, на технологічній лінії термічної обробки, де заздалегідь певну термообробку TT проводять відносно листової сталі, при цьому такий спосіб включає:

A. стадію контролю, де, принаймні, один датчик детектує будь-яке відхилення, що зустрічається під час термообробки TT,

B. стадію обчислення, що проводиться при детектуванні відхилення під час термообробки так, щоб визначити новий термічний маршрут  $TR_{target}$  для досягнення  $m_{target}$  при тому, що береться до уваги відхилення, причому така стадія обчислення включає:

1) підстадію обчислення, де виходячи з ТТ і мікроструктур  $m_i$  листової сталі розраховують, принаймні, два термічні маршрути  $Tr_x$ , відповідних одній мікроструктурі  $m_x$  в кінці  $Tr_x$ , в цілях досягнення  $m_{target}$ ,

2) підстадію вибору, де для досягнення  $m_{target}$  вибирають один новий термічний маршрут  $TR_{target}$ , при цьому  $TR_{target}$  відбирають з варіантів  $Tr_x$  і вибирають так, щоб варіант  $m_x$  був найбільш близьким до  $m_{target}$ ,

С. стадію нової термообробки, де  $TR_{target}$  проводять відносно листової сталі в режимі реального часу.

Як це можна собі уявити без бажання зв'язувати себе будь-якою теорією, у разі використання способу, відповідного даному винаходу, є можливим коректування будь-якого відхилення, що зустрічається під час термообробки, в результаті пропозиції індивідуалізованої термічної обробки залежно від кожної листової сталі. Для здійснення цього за короткий час обчислень розраховують точний і конкретний новий термічний маршрут  $TR_{target}$  при тому, що береться до уваги  $m_{target}$ , зокрема, частки всіх фаз по всьому ходу обробки  $m_i$  (зокрема дисперсію мікроструктури уздовж листової сталі), і відхилення. Дійсно, в способі, відповідному справжньому винаходу, береться до уваги обчислення термодинамічно стабільних фаз, тобто, фериту, аустеніту, цементиту і перліту, і термодинамічно метастабільних фаз, тобто, бейніту і мартенситу. Таким чином, отримують листову сталь, що володіє очікуваними властивостями при мінімумі можливої дисперсії властивостей.

Переважно мікроструктури  $m_x$ ,  $m_{target}$  і  $m_i$  для фаз визначає, принаймні, один елемент, що відбирається з числа: розміру, профілю і хімічного складу.

Мікроструктура  $m_{target}$ , що переважно досягається, містить:

- 100 % аустеніту,
- від 5 до 95 % мартенситу, від 4 до 65 % бейніту, при цьому залишком є ферит,
- від 8 до 30 % залишкового аустеніту, від 0,6 до 1,5 % вуглецю в твердому розчині, при цьому залишком є ферит, мартенсит, бейніт, перліт та/або цементит,
- від 1 до 30 % фериту і від 1 до 30 % бейніту, від 5 до 25 % аустеніту, при цьому залишком є мартенсит,
- від 5 до 20 % залишкового аустеніту, при цьому залишком є мартенсит,
- ферит і залишковий аустеніт,
- залишковий аустеніт та інтерметалічні фази,
- від 80 до 100 % мартенситу і від 0 до 20 % залишкового аустеніту,
- 100 % мартенситу,
- від 5 до 100 % перліту і від 0 до 95 % фериту і
- принаймні, 75 % рівноосного фериту, від 5 до 20 % мартенситу і бейніту в кількості, меншій або рівній 10 %.

У вигідному випадку листові сталі можуть бути будь-яким типом марки сталі, зокрема двофазна сталь (DP), сталь з пластичністю, обумовленою мартенситним перетворенням, (TRIP), сталь із гартуванням і перерозподілом вуглецю (Q&P), сталь з пластичністю, обумовленою двійникуванням, (TWIP), сталь з безкарбідним бейнітом (CFB), сталь із гартуванням під пресом (PHS), триплексна сталь TRIPLEX, дуплексна сталь DUPLEX і двофазна високопластична сталь (DP HD).

Хімічний склад залежить від кожної листової сталі. Наприклад, хімічний склад сталі DP може містити:

- $0,05 < C < 0,3$ ,
- $0,5 \leq Mn < 3,0$ ,
- $S \leq 0,008$ ,
- $P \leq 0,080$ ,
- $N \leq 0,1$ ,
- $Si \leq 1,0$ ,

при цьому залишок композиції утворений із заліза і немінучих домішок, що є результатом обробки.

Фіг. 1 ілюструє один приклад, відповідний винаходу, де варіант ТТ здійснюють відносно листової сталі на технологічній лінії термічної обробки, при цьому така листовіа сталь характеризується досягнутим хімічним складом СС і варіантом  $m_{target}$ .

Відповідно до даного винаходу на стадії А) детектують будь-яке відхилення, що зустрічається під час термообробки. Переважне відхилення обумовлюється варіюванням технологічного параметра, що відбирається з числа: температури печі, температури листової сталі, кількості газу, композиції газу, температури газу, швидкості технологічної лінії, порушення

на технологічній лінії термічної обробки, варіювання ванни для занурення в розплав, ступені чорноти листової сталі і варіювання товщини сталі.

Температура печі може бути температурою нагрівання, температурою томління, температурою охолодження, температурою перестарювання, зокрема, при безперервному відпалюванні.

Температура листової сталі може бути виміряна у будь-який момент часу термічної обробки в різних позиціях технологічної лінії термічної обробки, наприклад:

- у секції нагрівання, що переважно є полум'яною піччю з прямим обігрівом (DFF), піччю з радіантними трубами (RTF), електричною піччю опори або індукційною піччю,

- у секції охолодження, зокрема, в охолоджуючих струменях, в системі гартування або в носку печі та

- у ізотермічній секції, що переважно є електричною піччю опору.

Для детектування варіювання температури датчик може бути пірометром або сканером.

Зазвичай термічні обробки можуть бути виконані в окислювальній атмосфері, тобто, в атмосфері, що містить газоподібний окислювач, що є, наприклад:  $O_2$ ,  $CH_4$ ,  $CO_2$  або  $C$ . Вони також можуть бути вироблені в нейтральній атмосфері, тобто, в атмосфері, що містить нейтральний газ, що є, наприклад:  $N_2$ ,  $Ar$  або  $He$ . На закінчення, вони також можуть бути виконані у відновній атмосфері, тобто, в атмосфері, що містить відновник, що є, наприклад:  $H_2$  або  $HN_x$ .

Варіювання кількості газу може бути детектоване при використанні барометра.

Швидкість технологічної лінії може бути детектована при використанні лазерного датчика.

Наприклад, порушення на технологічній лінії термічного нагрівання може бути:

- у полум'яній печі прямого нагрівання: більше не працюючий палиник,

- у печі з радіантними трубами: більше не працююча радіантна труба,

- у електричній печі: більше не працюючий опір, або

- у секції охолодження: більше не працюючі один або декілька охолоджуючих струменів.

У таких випадках датчик може бути пірометром, барометром, лічильником електрики або знімальною камерою.

Варіювання товщини листа може бути детектоване при використанні лазера або ультразвукового датчика.

У разі детектування відхилення виходячи з  $TT$  і  $m_i$  розраховують, принаймні, два термічні маршрути  $Tr_x$ , відповідних варіанту  $m_x$ , в цілях досягнення  $m_{target}$ , при цьому такі варіанти  $Tr_x$  беруть до уваги відхилення. Обчислення  $Tr_x$  має в своїй основі термічну поведінку і металургійну поведінку листової сталі в зіставленні із звичайними способами, де розглядається тільки термічна поведінка.

Фіг. 2 ілюструє безперервний відпалювання листової сталі, що включає стадію нагрівання, стадію томління, стадію охолодження і стадію перестарювання. Детектують відхилення  $D$  унаслідок варіювання  $T_{soaking}$ . Таким чином, розраховують множину варіантів  $Tr_x$  для досягнення  $m_{target}$ , як це продемонстровано тільки для стадії першого охолодження на Фіг. 2. У даному прикладі розрахований варіант  $Tr_x$  також включає стадію другого охолодження і стадію перестарювання (не показано).

Переважають розраховують, принаймні, 10 варіантів  $Tr_x$ , переважніше, принаймні, 50, у вигідному випадку, принаймні, 100, а переважніше, принаймні, 1000. Наприклад, кількість розрахованих варіантів  $Tr_x$  знаходиться в діапазоні від 2 до 10000, переважно від 100 до 10000, а переважно від 1000 до 10000.

На стадії B.2) вибирають один новий термічний маршрут  $TP_{target}$  для досягнення  $m_{target}$ .  $TP_{target}$  відбирають з варіантів  $Tr_x$  і вибирають так, щоб  $m_x$  був би варіантом, найбільш близьким до  $m_{target}$ . Таким чином, на Фіг. 1  $TP_{target}$  відбирають з множини варіантів  $Tr_x$ . Переважають відмінності між частинками фаз для кожної фази, присутньої в  $m_{target}$  і  $m_x$ , складає  $\pm 3\%$ .

У вигідному випадку на стадії B.1) тепловміст  $H$ , що вивільняється або споживаний між  $m_i$  і  $m_{target}$ , розраховують таким чином, що:

$$H_x = (X_{ferrite} \cdot H_{ferrite}) + (X_{martensite} \cdot H_{martensite}) + (X_{bainite} \cdot H_{bainite}) + (X_{pearlite} \cdot H_{pearlite}) + (X_{cementite} \cdot H_{cementite}) + (X_{austenite} \cdot H_{austenite}),$$

при цьому  $X$  є фазовою фракцією.

Як це можна сказати без бажання зв'язувати себе будь-якою теорією,  $H$  є енергією, вивільненою або спожитою уздовж всього термічного маршруту при проведенні фазового перетворення. Як це уявляється, деякі фазові перетворення є екзотермічними, а деякі з них є ендотермічними. Наприклад, перетворення фериту на аустеніт під час маршруту нагрівання є ендотермічним, тоді як перетворення аустеніту на перліт в ході маршруту охолодження є екзотермічним. Переважають при обчисленні  $Tr_x$  беруть до уваги  $H_x$ .

У одному переважному варіанті здійснення на стадії В.1) весь термічний цикл  $Tr_x$  розраховують таким чином:

$$T(t + \Delta t) = T(t) + \frac{Q_{\text{конвективний}} + Q_{\text{радіаційний}}}{\rho \cdot E_p \cdot C_{pe}} \Delta t \pm \frac{H_x}{C_{pe}},$$

де  $C_{pe}$ : питома теплоємність фази ( $\text{Дж} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ );  $\rho$ : щільність сталі ( $\text{г} \cdot \text{м}^{-3}$ ),  $E_p$ : товщина сталі (м);  $Q$ : тепловий потік (конвективний і радіаційний у Вт),  $H_x$  ( $\text{Дж} \cdot \text{кг}^{-1}$ ),  $T$ : температура ( $^{\circ}\text{C}$ ) і  $t$ : час (с).

Переважно на стадії В.1) розраховують, принаймні, одну проміжну мікроструктуру сталі  $m_{xint}$ , відповідну проміжному термічному маршруту  $TR_{xint}$  і тепловмісту  $H_{xint}$ . В даному випадку обчислення  $Tr_x$  отримують в результаті обчислення множини варіантів  $TR_{xint}$ . Таким чином, переважно  $Tr_x$  є сумою всіх варіантів  $TR_{xint}$ , а  $H_x$  є сумою всіх варіантів  $H_{xint}$ . У даному переважному варіанті здійснення  $TR_{xint}$  розраховують періодично. Наприклад, обчислення проводять кожні 0,5 секунд, переважно 0,1 секунд або менш.

Фіг. 3 ілюструє один переважний варіант здійснення, де на стадії В.1) розраховують  $m_{int1}$  і  $m_{int2}$ , відповідні варіантам, відповідно,  $TR_{xint1}$  і  $TR_{xint2}$ , а також  $H_{xint1}$  і  $H_{xint2}$ . Визначають  $H_x$  під час всього термічного маршруту для обчислення  $Tr_x$  відповідно до даного винаходу, для отримання  $Tr_x$  (не показано) розраховують множину, тобто, більш, ніж 2, варіантів  $TR_{xint}$ ,  $m_{xint}$  і  $H_{xint}$ .

У одному переважному варіанті здійснення до стадії В.2) вибирають, принаймні, одну цільову механічну властивість  $P_{target}$ , що відбирається з числа межі текучості  $YS$ , граничного опору розтягуванню  $UTS$ , відносного подовження, роздачі отвору, деформованості. У даному варіанті здійснення  $m_{target}$  переважно розраховують виходячи з  $P_{target}$ .

Як це можна собі подати без бажання зв'язувати себе будь-якою теорією, характеристики листової сталі визначаються технологічними параметрами, використовуваними під час виробництва сталі. Таким чином, у вигідному випадку на стадії В.1) для обчислення  $Tr_x$  до уваги приймають технологічні параметри, дії яких піддається листовая сталь до надходження на технологічну лінію термічної обробки. Наприклад, технологічні параметри включають, принаймні, один елемент, що відбирається з числа: ступені обтискання при холодній прокатці, температури змотування в рулон, маршруту охолодження на відповідному рольгангу, температури охолодження і швидкості охолодження при змотуванні в рулон.

У ще одному варіанті здійснення для обчислення  $Tr_x$  до уваги приймають технологічні параметри технологічної лінії обробки, дії яких листовая сталь піддаватиметься на технологічній лінії термічної обробки. Наприклад, технологічні параметри включають, принаймні, один елемент, що відбирається з числа: конкретної досягнутої температури термообробленої листової сталі, швидкості технологічної лінії, холодопродуктивності секцій охолодження, теплопродуктивності секцій нагрівання, температури перестарювання, температури охолодження, температури нагрівання і температури томління.

Переважно термічний маршрут,  $Tr_x$ ,  $TR_{xint}$ ,  $TT$  або  $TR_{target}$  включають, принаймні, одну обробку, що відбирається з числа: нагріваючої, ізотермічної або охолоджуючої обробки. Наприклад, термічний маршрут може бути рекристалізаційним відпалюванням, маршрутом гартування під пресом, маршрутом повернення, міжкритичним або повним аустенітним відпалюванням, маршрутом відпуску, маршрутом перерозподілу, ізотермічним маршрутом або маршрутом гартування.

Переважно проводять рекристалізаційний відпалювання. Рекристалізаційне відпалювання включає необов'язково стадію попереднього нагрівання, стадію нагрівання, стадію томління, стадію охолодження і необов'язково стадію витримки для вирівнювання температури. В даному випадку його проводять в печі безперервного відпалювання, що включає необов'язково секцію попереднього нагрівання, секцію нагрівання, секцію томління, секцію охолодження і необов'язково секцію витримки для вирівнювання температури. Як це можна собі подати без бажання зв'язувати себе будь-якою теорією, рекристалізаційним відпалюванням є термічний маршрут, з яким найважче мати справу, оскільки він включає множину стадій, які необхідно брати до уваги, зокрема стадії охолодження і нагрівання.

У вигідному випадку кожного разу під час надходження нової листової сталі на технологічну лінію термічної обробки автоматично проводять нову стадію обчислення В.1). Дійсно, спосіб, відповідний даному винаходу, адаптує термічний маршрут  $TR_{target}$  до кожної листової сталі навіть під час надходження на технологічну лінію термічної обробки тієї ж самої марки сталі, оскільки реальні характеристики кожної сталі часто розрізняються. Може бути детектована нова листовая сталь, і вимірюють та заздалегідь попередньо вибирають нові характеристики листової сталі. Наприклад, датчик детектує зварний шов між двома рулонами.

В цілях уникнення сильного варіювання технологічних параметрів переважно проводять адаптацію термічного маршруту під час надходження листової сталі на технологічну лінію термічної обробки на перших метрах листа.

Переважно під час термообробки проводять автоматичне обчислення для контролю появи будь-якого відхилення. У даному варіанті здійснення періодично проводять обчислення для перевірки при виникненні легкого відхилення. Дійсно, поріг чутливості датчика іноді є надмірно високим, що означає те, що легке відхилення не завжди детектується. Автоматичне обчислення, що проводиться, наприклад, кожні декілька секунд, в своїй основі не має порогу чутливості. Таким чином, якщо обчислення приводить до отримання однієї і тієї ж термообробки, тобто, термообробку проводять в режимі реального часу, варіант ТТ не зміниться. Якщо обчислення приводить до отримання іншої обробки унаслідок легкого відхилення, обробка зміниться.

Фіг. 4 ілюструє один приклад, відповідний винаходу, де проводять безперервне відпалювання відносно листової сталі до осадження покриття в результаті занурення в розплав. При використанні способу, відповідного справжньому винаходу, якщо з'явиться відхилення D варіант  $Tr_x$  розраховуватимуть виходячи з  $m_i$ , вибраній продукції, ТТ і  $m_{target}$ . У даному прикладі розраховують проміжні термічні маршрути від  $TR_{xint1}$  до  $TR_{xint4}$ , відповідні, відповідно, варіантам від  $m_{Xint1}$  до  $m_{Xint4}$  і від  $N_{xint1}$  до  $N_{xint4}$ . Визначають  $N_x$  в цілях отримання  $Tr_x$ . На даній фігурі з варіантів  $Tr_x$  відбирають представлений варіант  $TR_{target}$ .

При використанні способу, відповідного даному винаходу, при появі відхилення відносно листової сталі проводять нову стадію термообробки, включаючи  $TR_{target}$ , в цілях досягнення  $m_{target}$ .

Таким чином, отримують рулон, виготовлений з листової сталі, що включає згадані заздалегідь певні типи продукції, що включають сталі DP, TRIP, Q&P, TWIP, CFB, PHS, TRIPLEX, DUPLEX, DP HD, при цьому такий рулон характеризується стандартним відхиленням для механічних властивостей, меншим або рівним 25 МПа, переважно меншим або рівним 15 МПа, переважніше меншим або рівним 9 МПа, між будь-якими двома точками уздовж рулону. Дійсно, як це можна собі подати без бажання зв'язувати себе будь-якою теорією, спосіб, що включає стадію обчислення B.1), бере до уваги дисперсію мікроструктури для листової сталі уздовж рулону. Таким чином, варіант  $TR_{target}$ , використовуваний відносно листової сталі, робить можливим гомогенізування мікроструктури, а також механічних властивостей.

Маленьке значення стандартного відхилення обумовлюється точністю варіанту  $TR_{target}$ . Переважно механічні властивості відбирають з YS, UTS або відносного подовження.

Переважно рулон покривають металевим покриттям на основі цинку або на основі алюмінію. Переважно при промисловому виробництві стандартне відхилення для механічних властивостей між 2 рулонами, виготовленими з листової сталі, що включає згадані заздалегідь певні типи продукції, що включають сталі DP, TRIP, Q&P, TWIP, CFB, PHS, TRIPLEX, DUPLEX, DP HD, згідно вимірюванню при послідовному виробництві на одній і тій же технологічній лінії, є меншим або рівним 25 МПа, переважно меншим або рівним 15 МПа, переважніше меншим або рівним 9 МПа.

Для здійснення варіанту  $TR_{target}$  використовують технологічну лінію термообробки для втілення способу, відповідного винаходу. Наприклад, технологічна лінія термообробки є під безперервного відпалювання, під для гартування під пресом, технологічна лінія відпалювання в камерній печі або гартування.

На закінчення, даний винахід стосується комп'ютерного програмного продукту, що включає, принаймні, металургійний модуль, термічний модуль і оптимізаційний модуль, які кооперуються один з одним для визначення варіанту  $TR_{target}$ , при цьому такі модулі включають команди програмного забезпечення, які, будучи втіленими при використанні комп'ютера, забезпечують втілення способу, відповідного даному винаходу.

Металургійний модуль прогнозує мікроструктуру ( $m_x$ ,  $m_{target}$ , зокрема метастабільні фази: бейніт і мартенсит, і стабільні фази: ферит, аустеніт, цементит і перліт), і, кажучи точніше, частку фаз по всьому ходу обробки, і прогнозує кінетику перетворення фаз.

Термічний модуль прогнозує температуру листової сталі залежно від установки, що використовується для термообробки, при цьому установкою є, наприклад, під безперервного відпалювання, геометричних характеристик смуги, технологічних параметрів, зокрема холодопродуктивності, теплопродуктивності або продуктивності по ізотермічній витримці, динамічного тепловмісту  $H$ , вивільненого або спожитого уздовж всього термічного маршруту при проведенні перетворення фаз.

Оптимізаційний модуль визначає якнайкращий термічний маршрут для досягнення  $m_{target}$ , тобто,  $TR_{target}$ , слідуючи способу, відповідному даному винаходу, при використанні металургійних і термічних модулів.

Приклади

У наступних далі прикладах відбирали матеріал DP780GI, що характеризується наступним далі хімічним складом:

| C     | Mn  | Si  | Cr  | Mo     | P     | Cu   | Ti    | N    |
|-------|-----|-----|-----|--------|-------|------|-------|------|
| 0,145 | 1,8 | 0,2 | 0,2 | 0,0025 | 0,015 | 0,02 | 0,025 | 0,06 |

5 Холодна прокатка характеризувалася ступенем обтискання 55 % для отримання товщини 1,2 мм.

Варіант  $m_{\text{target}}$ , що досягається, містив 12 % мартенситу, 58 % фериту і 30 % бейніту відповідно до наступного далі варіанту  $P_{\text{target}}$ : YS 460 МПа і UTS 790 МПа. Для проведення нанесення покриття в результаті занурення в розплав при використанні цинкової ванни також повинна бути досягнута температура охолодження  $T_{\text{cooling}}$  460 °С. Дана температура повинна бути досягнута з точністю  $\pm 2$  °С для гарантованого забезпечення наявності хорошої здібності до нанесення покриття у ванні з Zn.

Термообробка ТТ, що проводиться відносно листової сталі, є нижченаведеним:

15 - стадія попереднього нагрівання, де листову сталь нагрівають від температури навколишнього середовища до 680 °С впродовж 37,5 секунди,  
 - стадія нагрівання, де листову сталь нагрівають від 680 °С до 780 °С впродовж 40 секунд,  
 - стадія томління, де листову сталь нагрівають при температурі томління  $T_{\text{soaking}}$  780 °С впродовж 24,4 секунди,  
 20 - стадія охолодження, де листову сталь охолоджують при використанні 11 охолоджуючих струменів, розпилюючих  $HN_x$ , наступним далі чином:

| Струмені                     | Стру-<br>міль 1 | Стру-<br>міль 2 | Стру-<br>міль 3 | Стру-<br>міль 4 | Стру-<br>міль 5 | Стру-<br>міль 6 | Стру-<br>міль 7 | Стру-<br>міль 8 | Стру-<br>міль 9 | Стру-<br>міль 10 | Стру-<br>міль 11 |
|------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|
| Швидкість охолодження (°C/c) | 10              | 10              | 9               | 5               | 9               | 22              | 50              | 18              | 18              | 21               | 11               |
| Час (с)                      | 1,89            | 1,89            | 1,89            | 1,89            | 1,68            | 1,8             | 1,8             | 1,63            | 1,63            | 1,63             | 1,63             |
| T (°C)                       | 754             | 734             | 718             | 708             | 693             | 653             | 563             | 533             | 504             | 481              | 463              |
| Холодо продуктивність (%)    | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 28              | 100             | 100             | 100              | 100              |

25 - нанесення покриття в результаті занурення в розплав в цинковій ванні при 460 °С,  
 - охолодження листової сталі аж до верхнього валка впродовж 27,8 с при 300 °С та  
 - охолодження листової сталі при температурі навколишнього середовища.

Приклад 1: відхилення для  $T_{\text{soaking}}$

У разі зменшення температури томління  $T_{\text{soaking}}$  від 780 °С до 765 °С для досягнення  $m_{\text{target}}$  визначатимуть новий термічний маршрут  $TP_{\text{target1}}$  при тому, що береться до уваги відхилення. З даною метою розраховували множину термічних маршрутів  $Tr_x$  на підставі ТТ,  $m_i$  для матеріалу DP780GI в цілях досягнення  $m_{\text{target}}$  та відхилення.

30 Після обчислення  $Tr_x$  вибирали один новий термічний маршрут  $TP_{\text{target1}}$  в цілях досягнення  $m_{\text{target}}$ , при цьому  $TP_{\text{target1}}$  відбирають з варіантів  $Tr_x$  і вибирають так, щоб варіант  $m_x$  був би найбільш близьким до  $m_{\text{target}}$ .  $TP_{\text{target1}}$  є нижченаведеним:

35 - стадія томління, де листову сталь нагрівають при температурі томління  $T_{\text{soaking}}$  765 °С впродовж 24,4 секунди унаслідок відхилення в секції томління на технологічній лінії термічної обробки,  
 - стадія охолодження, де листову сталь охолоджують при використанні 11 охолоджуючих струменів, розпилюючих  $HN_x$ , наступним далі чином:

| Струмені                     | Стру-<br>міль 1 | Стру-<br>міль 2 | Стру-<br>міль 3 | Стру-<br>міль 4 | Стру-<br>міль 5 | Стру-<br>міль 6 | Стру-<br>міль 7 | Стру-<br>міль 8 | Стру-<br>міль 9 | Стру-<br>міль 10 | Стру-<br>міль 11 |
|------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|
| Швидкість охолодження (°C/c) | 9               | 9               | 10              | 15              | 32              | 28              | 31              | 11              | 10              | 7                | 8                |
| Час (с)                      | 1,89            | 1,89            | 1,89            | 1,89            | 1,68            | 1,8             | 1,8             | 1,63            | 1,63            | 1,63             | 1,63             |
| T (°C)                       | 742             | 725             | 706             | 679             | 625             | 574             | 518             | 500             | 483             | 472              | 459              |
| Холодопродуктивність (%)     | 0               | 0               | 0               | 25              | 50              | 50              | 45              | 45              | 45              | 45               | 45               |

- 5
- нанесення покриття в результаті занурення в розплав в цинковій ванні при 460 °C,
  - охолодження листової сталі аж до верхнього валка впродовж 27,8 з при 300 °C та
  - охолодження листової сталі при температурі навколишнього середовища.

Приклад 2: листову сталь, що характеризується іншою композицією

Нова листову сталь DP780GI поступала на технологічну лінію термічної обробки таким чином, що стадію обчислення автоматично проводили виходячи з наступного далі нового варіанту CC мас.%

| C     | Mn    | Si    | Cr    | Mo     | P     | Cu    | Ti    | N     |
|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|
| 0,153 | 1,830 | 0,225 | 0,190 | 0,0025 | 0,015 | 0,020 | 0,025 | 0,006 |

Визначали новий термічний маршрут  $TP_{target2}$  для досягнення  $m_{target}$  при тому, що береться до уваги новий варіант CC.  $TP_{target2}$  є нижченаведеним:

- 15
- стадія попереднього нагрівання, де листову сталь нагрівають від температури навколишнього середовища до 680 °C впродовж 37,5 секунди,
  - стадія нагрівання, де листову сталь нагрівають від 680 °C до 780 °C впродовж 40 секунд,
  - стадія томління, де листову сталь нагрівають при температурі томління  $T_{soaking}$  780 °C впродовж 24,4 секунди,
  - стадія охолодження, де листову сталь охолоджують при використанні 11 охолоджуючих струменів, розпилюючих  $HNx$ , наступним далі чином:
- 20

| Струмені                     | Стру-<br>міль 1 | Стру-<br>міль 2 | Стру-<br>міль 3 | Стру-<br>міль 4 | Стру-<br>міль 5 | Стру-<br>міль 6 | Стру-<br>міль 7 | Стру-<br>міль 8 | Стру-<br>міль 9 | Стру-<br>міль 10 | Стру-<br>міль 11 |
|------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|
| Швидкість охолодження (°C/c) | 17              | 17              | 9               | 6               | 6               | 6               | 38              | 30              | 18              | 17               | 10               |
| Час (с)                      | 2,2             | 2,2             | 2,2             | 2,2             | 1,96            | 2,1             | 2,1             | 1,9             | 1,9             | 1,9              | 1,9              |
| T (°C)                       | 737             | 705             | 688             | 677             | 667             | 655             | 586             | 537             | 508             | 481              | 464              |
| Холодопродуктивність (%)     | 100             | 100             | 30              | 0               | 0               | 0               | 100             | 100             | 100             | 100              | 100              |

- 25
- нанесення покриття в результаті занурення в розплав в цинковій ванні при 460 °C,
  - охолодження листової сталі аж до верхнього валка впродовж 26,8 с при 300 °C та
  - охолодження листової сталі при температурі навколишнього середовища.

Таблиця 1

демонструє властивості сталі, отримані при використанні ТТ,  $TP_{target1}$  і  $TP_{target2}$ 

|                                                        | ТТ                                                                      | $TP_{target1}$                                                          | $TP_{target2}$                                                          | Очікувані властивості                                                   |
|--------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| Отримане значення $T_{cooling}$ (°C)                   | 461                                                                     | 458                                                                     | 462                                                                     | 460                                                                     |
| Мікроструктура, отримана в кінці термічного маршруту   | $X_{martensite}$ : 12 %<br>$X_{ferrite}$ : 55 %<br>$X_{bainite}$ : 33 % | $X_{martensite}$ : 12 %<br>$X_{ferrite}$ : 61 %<br>$X_{bainite}$ : 27 % | $X_{martensite}$ : 14 %<br>$X_{ferrite}$ : 55 %<br>$X_{bainite}$ : 32 % | $X_{martensite}$ : 12 %<br>$X_{ferrite}$ : 58 %<br>$X_{bainite}$ : 30 % |
| Відхилення (розбіжність) по відношенню до $m_{target}$ | $X_{martensite}$ : 0 %<br>$X_{ferrite}$ : 3 %<br>$X_{bainite}$ : 3 %    | $X_{martensite}$ : 0 %<br>$X_{ferrite}$ : 3 %<br>$X_{bainite}$ : 3 %    | $X_{martensite}$ : 2 %<br>$X_{ferrite}$ : 3 %<br>$X_{bainite}$ : 2 %    | -                                                                       |
| YS (МПа)                                               | 453,5                                                                   | 465                                                                     | 462                                                                     | 460                                                                     |
| Відхилення для YS по відношенню до $R_{target}$ (МПа)  | 6,5                                                                     | 5                                                                       | 2                                                                       | -                                                                       |
| UTS (МПа)                                              | 786,8                                                                   | 790                                                                     | 804                                                                     | 790                                                                     |
| Відхилення для UTS по відношенню до $R_{target}$ (МПа) | 3,2                                                                     | 0                                                                       | 14                                                                      | -                                                                       |

При використанні способу, відповідного винаходу, є можливим підстроювання термічного варіанту ТТ при появі відхилення або під час надходження нової листової сталі, що характеризується відмінним хімічним складом СС, на лінію термічної обробки. В результаті використання нових термічних маршрутів  $TP_{target1}$  і  $TP_{target2}$  можливим є отримання листової сталі, що володіє бажаними очікуваними властивостями, при цьому кожен варіант  $TP_{target}$  є точно адаптованим до кожного відхилення.

#### ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

1. Спосіб динамічного підстроювання для виготовлення термообробленої листової сталі, що має хімічний склад і мікроструктуру  $m_{target}$ , що містить принаймні одну фазу, вибрану з: фериту, мартенситу, бейніту, перліту, цементиту і аустеніту, в технологічній лінії термічної обробки, при цьому листову сталь піддають заздалегідь певній термообробці ТТ, при цьому спосіб включає:

А) стадію контролю, на якій принаймні один датчик виявляє будь-яке відхилення, яке може виникнути в процесі термообробки;

В) стадію обчислення, яку здійснюють при виявленні відхилення під час термообробки так, щоб визначити новий термічний маршрут  $TP_{target}$  для досягнення  $m_{target}$  з урахуванням виявленого відхилення, причому така стадія обчислення включає:

1) підстадію обчислення, на якій на основі термообробки ТТ і первинної мікроструктури листової сталі  $m_i$  розраховують принаймні два термічні маршрути  $Tr_x$ , кожному з яких відповідає одна мікроструктура  $m_x$ , яку отримують в кінці  $Tr_x$ , для досягнення  $m_{target}$ ;

2) підстадію вибору, на якій для досягнення  $m_{target}$  вибирають один новий термічний маршрут  $TP_{target}$ , при цьому  $TP_{target}$  вибирають з  $Tr_x$  так, щоб  $m_x$  був найбільш близьким до  $m_{target}$ ;

С) стадію нової термообробки, на якій термообробку  $TP_{target}$  листової сталі проводять в режимі реального часу;

при цьому мікроструктура  $m_{target}$  містить:

100 % аустеніту або від 5 до 95 % мартенситу, від 4 до 65 % бейніту, при цьому залишок є ферит, або від 8 до 30 % залишкового аустеніту, від 0,6 до 1,5 % вуглецю в твердому розчині, при цьому залишок є ферит, мартенсит, бейніт, перліт та/або цементит, або від 1 до 30 % фериту і від 1 до 30 % бейніту, від 5 до 25 % аустеніту, при цьому залишок є мартенсит, або від 5 до 20 % залишкового аустеніту, при цьому залишок є мартенсит, або ферит і залишковий аустеніт, або

залишковий аустеніт та інтерметалічні фази, або

від 80 до 100 % мартенситу та від 0 до 20 % залишкового аустеніту, або

100 % мартенситу, або

від 5 до 100 % перліту і від 0 до 95 % фериту, або

принаймні 75 % рівновісного фериту, від 5 до 20 % мартенситу і бейніту в кількості, меншій або рівній 10 %;

при цьому на стадії В.1) весь термічний маршрут  $Tr_x$  розраховують таким чином, що:

$$T(t + \Delta t) = T(t) + \frac{\phi(t) + \frac{H_x}{C_{pe}}}{\rho \cdot E_r \cdot C_{pe}} \Delta t \pm \frac{H_x}{C_{pe}},$$

де  $C_{pe}$ : питома теплоємність фази (Дж·кг<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>),

$\rho$ : щільність сталі (гм<sup>-3</sup>),

5  $E_r$ : товщина сталі (м),

$\phi$ : тепловий потік (конвективний+радіаційний у Вт),

$H_x$ : тепловміст, що вивільняється або споживний між  $m_i$  і  $m_{target}$  (Дж·кг<sup>-1</sup>),

$T$ : температура (°C),

$t$ : час (с);

10 при цьому на стадії В.1) тепловміст  $H_x$ , що вивільняється або споживаний між  $m_i$  і  $m_{target}$ , розраховують таким чином, що:

$$H_x = (X_{ferrite} \cdot H_{ferrite}) + (X_{martensite} \cdot H_{martensite}) + (X_{bainite} \cdot H_{bainite}) + (X_{pearlite} \cdot H_{pearlite}) + (H_{cementite} \cdot X_{cementite}) + (H_{austenite} \cdot X_{austenite}),$$

де  $X$  - процентний вміст відповідної фази,

15  $H$  - тепловміст відповідної фази.

2. Спосіб за п. 1, в якому на стадії А) відхилення обумовлене зміною одного з наступних технологічних параметрів: температура печі, температура листової сталі, кількість газу, склад газу, температура газу, швидкість технологічної лінії, порушення на технологічній лінії термічної обробки, неоднорідність розплаву ванни для занурення, випромінювальна здатність листової сталі і зміни в товщині сталі.

20 3. Спосіб за п. 1 або 2, в якому фази визначаються принаймні на підставі одного з наступних параметрів: розмір, форма та хімічний склад.

4. Спосіб за будь-яким з пп. 1-3, в якому листовою сталлю можуть бути двофазна сталь, сталь з пластичністю, обумовленою мартенситним перетворенням, сталь із гартуванням і перерозподілом вуглецю, сталь з пластичністю, обумовленою двійникуванням, сталь з безкарбідним бейнітом, сталь із гартуванням під пресом, триплексна сталь, дуплексна сталь і двофазна високопластична сталь.

5. Спосіб за будь-яким з пп. 1-4, в якому відмінність між частинками фаз для фази, присутньої в  $m_{target}$  і в  $m_x$ , складає  $\pm 3$  %.

30 6. Спосіб за п. 1, в якому на стадії В.1) розраховують принаймні одну проміжну мікроструктуру сталі  $m_{xint}$  відповідну проміжному термічному маршруту  $TP_{xint}$  і тепловмісту  $H_{xint}$ .

7. Спосіб за п. 6, в якому на стадії В.1)  $Tr_x$  є сумою всіх  $TP_{xint}$ , а  $H_x$  є сумою всіх  $H_{xint}$ .

8. Спосіб за будь-яким з пп. 1-7, в якому до стадії В.1) вибирають принаймні одну цільову механічну властивість  $P_{target}$ , вибрану з числа межі текучості  $YS$ , граничного опору розтягуванню  $UTS$ , відносного подовження, роздачі отвору, деформованості.

35 9. Спосіб за п. 8, в якому  $m_{target}$  розраховують, виходячи з  $P_{target}$ .

10. Спосіб за будь-яким з пп. 1-9, в якому на стадії В.1) для обчислення  $Tr_x$  враховують технологічні параметри, дії яких піддають листову сталь до надходження на технологічну лінію термічної обробки.

40 11. Спосіб за п. 10, в якому зазначені технологічні параметри включають принаймні один з наступних далі технологічних параметрів: ступінь обтискання при холодній прокатці, температура змотування в рулон, маршрут охолодження на відповідному рольгангу, температура охолодження і швидкість охолодження при змотуванні в рулон.

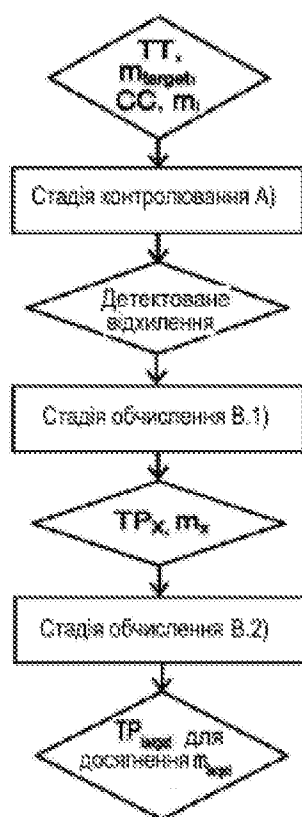
45 12. Спосіб за будь-яким з пп. 1-11, в якому на стадії В.1) для обчислення  $Tr_x$  враховують технологічні параметри технологічної лінії обробки, дії яких листову сталь піддають в технологічній лінії термічної обробки.

13. Спосіб за будь-яким з пп. 1-12, в якому термічний маршрут  $Tr_x$ ,  $TP_{xint}$ ,  $TT$  або  $TP_{target}$  включають принаймні одну з наступних далі обробок: нагрів, ізотермічна обробка або охолодження.

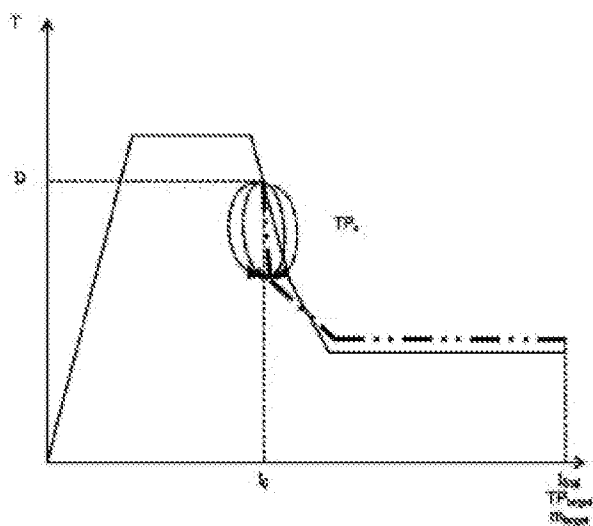
50 14. Спосіб за будь-яким з пп. 1-13, в якому для кожної нової листової сталі, що надходить на технологічну лінію термічної обробки, автоматично проводять нову стадію обчислення В.1).

15. Спосіб за п. 14, в якому адаптацію термічного маршруту проводять під час надходження листової сталі в технологічну лінію термічної обробки на перших метрах листа.

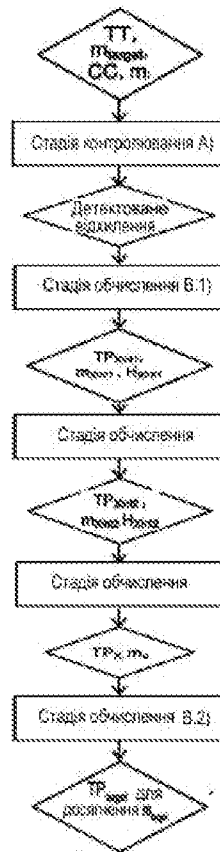
55 16. Спосіб за будь-яким з пп. 1-15, в якому під час термообробки проводять автоматичне обчислення для контролю виникнення відхилень.



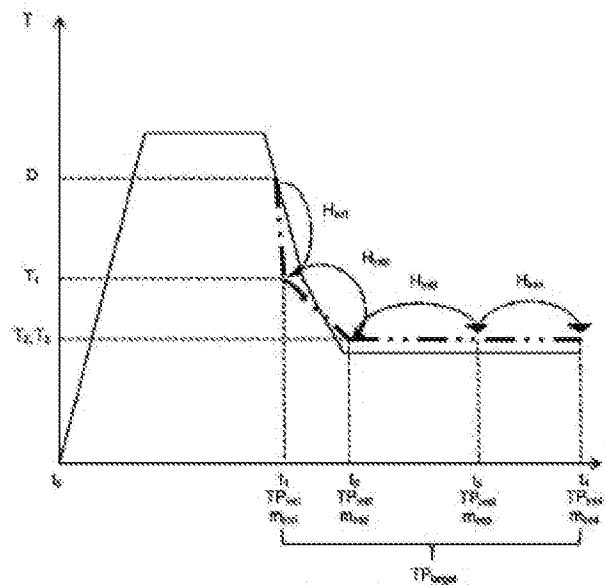
Фіг. 1



Фіг. 2



Фіг. 3



Фіг. 4