



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **128772** (13) **C2**
(51) МПК**C21D 1/22** (2006.01)
C21D 8/02 (2006.01)
C22C 38/22 (2006.01)
C22C 38/28 (2006.01)
C22C 38/44 (2006.01)
C22C 38/50 (2006.01)НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ
ДЕРЖАВНА ОРГАНІЗАЦІЯ
"УКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ОФІС ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ ТА ІННОВАЦІЙ"**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД**

(21) Номер заявки: a 2022 00090	(72) Винахідник(и): Зібентріт Матьє (FR), Луаст Венсан (BE), Есно Орелі (FR)
(22) Дата подання заявки: 05.06.2020	(73) Володілець (володільці): АРСЕЛОРМІТТАЛ, 24-26, Boulevard d'Avranches, L-1160 Luxemburg, Luxemburg (LU)
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: 17.10.2024	(74) Представник: Слободянюк Тарас Олександрович, реєстр. №217
(31) Номер попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції: PCT/IB2019/054901	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: EP 3088552 A1, 02.11.2016 WO 2013082188 A1, 06.06.2013 WO 2015088514 A1, 18.06.2015 US 5030297 A, 09.07.1991 JP H0841535 A, 13.02.1996 UA 113529 C2, 10.02.2017 UA 116699 C2, 25.04.2018
(32) Дата подання попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції: 12.06.2019	
(33) Код держави-учасниці Паризької конвенції, до якої подано попередню заявку: IB	
(41) Публікація відомостей про заявку: 23.02.2022, Бюл.№ 8	
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: 16.10.2024, Бюл.№ 42	
(86) Номер та дата подання міжнародної заявки, поданої відповідно до Договору РСТ: PCT/IB2020/055319, 05.06.2020	

(54) ХОЛОДНОКАТАНА МАРТЕНСИТНА СТАЛЬ І СПОСІБ ОДЕРЖАННЯ МАРТЕНСИТНОЇ СТАЛІ**(57) Реферат:**

Холоднокатаний мартенситний сталевий лист, який містить такі елементи: $0,3\% \leq C \leq 0,4\%$; $0,5\% \leq Mn \leq 1\%$; $0,2\% \leq Si \leq 0,6\%$; $0,1\% \leq Cr \leq 1\%$; $0,01\% \leq Al \leq 1\%$; $0,01\% \leq Mo \leq 0,5\%$; $0,001\% \leq Ti \leq 0,1\%$; $0\% \leq S \leq 0,09\%$; $0\% \leq P \leq 0,09\%$; $0\% \leq N \leq 0,09\%$; $0\% \leq Nb \leq 0,1\%$; $0\% \leq V \leq 0,1\%$; $0\% \leq Ni \leq 1\%$; $0\% \leq Cu \leq 1\%$; $0\% \leq B \leq 0,05\%$; $0,001\% \leq Ca \leq 0,01\%$; $0\% \leq Sn \leq 0,1\%$; $0\% \leq Pb \leq 0,1\%$; $0\% \leq Sb \leq 0,1\%$; решта складу припадає на залізо і немінучі домішки, які з'явилися при переробці, причому мікроструктура зазначеної сталі містить в собі, в частках площі, щонайменше 95 % мартенситу, сукупна кількість фериту і бейніту між 1 і 5 %, і необов'язкова кількість залишкового аустеніту між 0 і 2 %.

UA 128772 C2

Цей винахід відноситься до способу одержання холоднокатаної мартенситної сталі, придатної для автомобільної промисловості, і особливо до мартенситних сталей, які мають границю міцності на розтяг 1700 МПа або більше.

5 Автомобільні деталі повинні відповідати двом несумісним вимогам, а саме легкістю формування і міцність, але останнім часом також з'явилася третя вимога - покращення споживання палива автомобілем з точки зору глобальної проблеми захисту навколишнього середовища. Таким чином, в цей час автомобільні деталі повинні бути виготовлені з матеріалу, що володіє відмінною формованістю, для того, щоб відповідати критерію легкого монтажу складних автомобільних агрегатів, і в той же час мати підвищену міцність для ударостійкості транспортно-го засобу і довговічності при зниженні маси транспортно-го засобу підвищення паливної ефективності.

10 Тому були проведені інтенсивні науково-дослідні роботи з метою зменшення кількості матеріалів, які використовуються в автомобілі шляхом підвищення міцності матеріалів. Навпаки, підвищення міцності сталевих листа знижує придатність до формування, і таким чином, необхідна розробка матеріалів, які мають високу міцність, а також високу формівність.

15 У ранніх науково-дослідних роботах в області підвищення міцності і покращення формівності сталевих листів були розроблені кілька способів одержання високої міцності і високої формівності сталевих листів, деякі з яких перераховані тут з метою заключної оцінки цього винаходу.

20 Сталевий лист у документі WO2017/065371 проводиться з використанням етапів: швидке нагрівання матеріалу сталевих листа протягом 3-60 с до точки перетворення Ас3 або вище і витримання матеріалу сталевих листа, причому матеріал сталевих листа містить від 0,08 до 0,30 % мас. С від 0,01 до 2,0 % мас. Si, від 0,30 до 3,0 % мас. Mn, 0,05 % мас. або менше Р і 0,05 % мас. або менше S, причому решта являє собою Fe і інші немінучі домішки; швидке охолодження нагрітого сталевих листа водою або олією зі швидкістю 100 °С/с або вище; і швидка відпустка при 500 °С до точки перетворення А1 протягом від 3 до 60 с, включаючи час нагрівання і витримання. Однак для сталі в документі WO2017/065371 неможливо забезпечити коефіцієнт збільшення отвору 22 % при границі міцності на розтяг 1700 МПа.

30 Завданням цього винаходу є вирішення зазначених проблем шляхом одержання доступних холоднокатаних мартенситних сталевих листів, які одночасно мають:

- границю міцності на розтяг, яка більша або дорівнює 1700 МПа і переважно вище 1750 МПа,

- границю плинності, яка більша або дорівнює 1500 МПа і переважно вище 1550 МПа,

- коефіцієнт збільшення отвору щонайменше 22 % і переважно більше 25 %

35 Переважно зазначена сталь також може мати хорошу придатність для формування, для прокатування з хорошу придатність до зварювання і покриття.

Іншим завданням цього винаходу також є розробка способу одержання зазначених листів, який сумісний із традиційними областями застосування в промисловості, поряд із стійкістю до змін параметрів виробництва.

40 Зазначені вище завдання і інші переваги цього винаходу стануть наочними з докладного опису переважного варіанта здійснення цього винаходу.

До хімічного складу холоднокатаної мартенситної сталі входять такі елементи.

45 Вуглець присутній у сталі цього винаходу у кількості між 0,3 % і 0,4 %. Вуглець є елементом, необхідним для підвищення міцності сталі цього винаходу шляхом одержання фаз низькотемпературного перетворення, таких як мартенсит, тому вуглець грає дві вирішальні ролі, одна полягає у підвищенні міцності. Однак при вмісті вуглецю менше, ніж 0,3 %, неможливо забезпечити для сталі цього винаходу границю міцності на розтяг. З іншого боку, при вмісті вуглецю, що перевищує 0,4 %, спостерігається погана зварюваність сталі методом точкового зварювання, що обмежує її застосування для автомобільних деталей. Переважний вміст вуглецю для цього винаходу можна підтримувати між 0,3 % і 0,38 %, і переважно між 0,3 % і 0,36 %.

50 Вміст марганцю сталі цього винаходу знаходиться між 0,5 % і 1 %. Цей елемент є гамма-генними. Марганець забезпечує зміцнення твердого розчину, знижує температуру феритного перетворення і знижує швидкість феритного перетворення, і тому сприяє утворенню мартенситу. Для забезпечення міцності, а також для полегшення утворення мартенситу потрібна кількість марганцю щонайменше 0,5 %. Однак, коли вміст марганцю перевищує 1 %, спостерігаються шкідливі ефекти, оскільки він гальмує перетворення аустеніту на мартенсит під час охолодження після відпалювання. При вмісті вище 1 % може відбуватися надмірна сегрегація сталі під час твердіння, при цьому погіршується однорідність всередині матеріалу, що може спричинити поверхневе розтріскування протягом процесу гарячого деформування.

Переважна границя вмісту марганцю знаходиться між 0,5 % і 0,9 % і переважно між 0,6 % і 0,8 %.

Вміст кремнію сталі цього винаходу знаходиться між 0,2 % і 0,6 %. Кремній є елементом, який дає внесок у підвищення міцності шляхом зміцнення твердого розчину. Кремній є компонентом, який може уповільнювати осадження карбідів під час охолодження після відпалювання, тому кремній сприяє утворенню мартенситу. Однак кремній також створює ферит і, крім того, підвищує точку перетворення Ас3, що може зсувати температуру відпалювання у більш високий температурний діапазон. Тому максимальний вміст кремнію підтримують при 0,6 %. Крім того, при вмісті кремнію вище 0,6 % може відбуватися окрихчування при відпусканні, і додатково кремній також погіршує порівність. Переважна границя вмісту кремнію знаходиться між 0,2 % і 0,5 % і більш переважно між 0,25 % і 0,45 %.

Вміст хрому в композиційному рулоні сталі цього винаходу знаходиться між 0,1 % і 1 %. Хром є істотним елементом, який забезпечує міцність сталі шляхом зміцнення твердого розчину, причому потрібно мінімум 0,1 % Cr для надання міцності. Однак при використанні більш ніж 1 % погіршується шорсткість поверхні сталі. Переважна границя вмісту хрому знаходиться між 0,3 % і 0,9 % і краще між 0,4 % і 0,8 %.

Вміст алюмінію у цьому винаході знаходиться між 0,01 % і 1 %. Алюміній видаляє кисень, який знаходиться в розплавленій сталі, запобігаючи утворенню кисню в газовій фазі протягом процесу затвердіння. Крім того, алюміній зв'язує азот у сталі з утворенням нітриду алюмінію для зменшення розміру зерен. При підвищеному вмісті алюмінію понад 1 % збільшується значення Ас3 до високої температури, таким чином знижується продуктивність. Переважна границя вмісту алюмінію знаходиться між 0,01 % і 0,5 %.

Титан додають до сталі цього винаходу у кількості між 0,001 % і 0,1 %. Титан утворює нітриди, які виникають в процесі затвердіння продукту виливки. Тому кількість титану обмежена до 0,1 % для уникнення утворення крупнозернистих нітридів титану, які завдають шкоди формовності. У випадку, коли вміст титану становить менше 0,001 %, Ti не має жодного ефекту на сталь цього винаходу.

Молібден є істотним елементом, який становить від 0,01 % до 0,5 % сталі цього винаходу; молібден відіграє значну роль для поліпшення загартованості і твердості, затримує появу бейніту і тому сприяє утворенню мартенситу, особливо при додаванні у кількості, щонайменше 0,01 %.

Молібден також полегшує утворення мікроструктури фериту і перліту протягом охолодження після гарячої прокатки; зазначена мікроструктура фериту і перліту сприяє холодній прокатці. Однак добавка молібдену надмірно підвищує витрати на додавання легуючих елементів, таким чином, з економічних причин його вміст обмежений 0,5 %. Переважна границя вмісту молібдену знаходиться між 0,1 % і 0,3 %.

Сірка не є істотним елементом, але може утримуватися в сталі як домішка, і з точки зору цього винаходу переважно якнайменше вміст сірки, проте він становить 0,09 % або менше, з точки зору виробничих витрат. Крім того, якщо в сталі присутнє більше сірки, вона утворює сульфіді особливо з марганцем і знижує його вигідний вплив на сталь цього винаходу.

Вміст фосфору сталі цього винаходу знаходиться між 0 % і 0,09 %. Фосфор погіршує зварюваність методом точкового зварювання і пластичність сталі у гарячому стані, особливо через тенденцію до сегрегації за границями зерен або до спільної сегрегації з марганцем. За цих причин вміст фосфору обмежений до 0,09 % і переважно менше, ніж 0,06 %.

Вміст азоту обмежений 0,09 %, щоб уникнути старіння матеріалу і звести до мінімуму осадження нітридів алюмінію протягом затвердіння, що шкідливо впливає на механічні властивості сталі.

Вміст ніобію, присутнього у сталі цього винаходу, становить між 0 % і 0,1 %, причому ніобій застосовують для утворення карбонітридів, які надають міцність сталі цього винаходу шляхом дисперсійного твердіння. Крім того, ніобій може сильно впливати на розмір мікроструктурних компонентів шляхом осадження у вигляді карбонітридів і гальмування рекристалізації протягом процесу нагрівання. В такий спосіб, формується більш дрібнозерниста мікроструктура в кінці температурного витримання і, як наслідок, після завершення відпалювання це призводить до затвердіння продукту. Однак вміст ніобію вище 0,1 % економічно недоцільний, оскільки спостерігається ефект насичення його впливу; це означає, що додаткова кількість ніобію не призводить до покращення міцності продукту.

Ванадій є ефективним для підвищення міцності сталі шляхом утворення карбідів або карбонітридів, причому верхня границя його вмісту не перевищує 0,1 % з економічних міркувань.

Нікель може бути доданий як необов'язковий елемент у кількості від 0 % до 1 % для збільшення міцності і поліпшення ударної в'язкості сталі цього винаходу. Для досягнення зазначеного ефекту переважним мінімумом є 0,01 % Ni. Однак коли вміст нікелю перевищує 1 %, він спричиняє погіршення пластичності.

5 Мідь може бути додана як необов'язковий елемент у кількості від 0 % до 1 % для збільшення міцності і покращення корозійної стійкості сталі цього винаходу. Для досягнення зазначеного ефекту переважним мінімумом є 0,01 % міді. Однак якщо вміст Cu перевищує 1 %, це може погіршити зовнішній вигляд поверхні.

10 Бор є необов'язковим елементом сталі цього винаходу і його кількість може знаходитися між 0 % і 0,05 %. Бор утворює нітриди бору і надає додаткової міцності сталі цього винаходу при додаванні у кількості щонайменше 0,0001 %.

15 Кальцій може бути доданий до сталі цього винаходу у кількості між 0,001 % і 0,01 %. Кальцій додають до сталі цього винаходу як необов'язкового елемента особливо в ході обробки включень. Кальцій сприяє очищенню сталі шляхом зв'язування шкідливої сірки, яка міститься в глобулярній формі, і таким чином, уповільнює шкідливу дію сірки.

Інші елементи, такі як-от Sn, Pb або Sb, можуть бути додані індивідуально або комбінації, в наступних співвідношеннях: $Sn \leq 0,1\%$, $Pb \leq 0,1\%$ і $Sb \leq 0,1\%$. Аж до зазначеного максимального рівня вмісту ці елементи уможливають очищення зерна під час затвердіння. Решта складу сталі припадає на залізо і неминучі домішки, які виникли під час переробки.

20 Тут мікроструктура мартенситного сталевого листа буде докладно описана, причому всі відсотки дані в частках площі.

Мартенсит становить щонайменше 95 % мікроструктури у частках площі. Мартенсит цього винаходу може містити як свіжий, так і відпущений мартенсит. Однак свіжий мартенсит є необов'язковим мікрокомпонентом, кількість якого у сталі обмежена між 0 % і 4 %, переважно між 0 і 2 %, і більш переважно 0 %. Свіжий мартенсит може утворитись протягом охолодження після відпускання. Відпущений мартенсит утворюється з мартенситу утвореного під час другого етапу охолодження після відпалювання і особливо трохи нижче температури Ms і більше між Ms-10 °C і 20 °C. Потім зазначений мартенсит піддається відпусканню протягом витримання при температурі відпускання $T_{відп}$ між 150 °C і 300 °C. Мартенсит цього винаходу надає пластичності і міцності сталі цього винаходу. Переважно вміст мартенситу знаходиться між 96 % і 99 %, і переважно між 97 % і 99 %.

30 Сукупна кількість фериту і бейніту становить між 1 % і 5 % від мікроструктури. Сукупна присутність бейніту і фериту не надає шкідливого впливу на сталь цього винаходу до 5 %, проте вище 5 % механічні властивості можуть значно погіршуватися. Тому переважна границя сукупної кількості фериту і бейніту підтримується між 1 % і 4 % і переважно між 1 % і 3 %.

35 Бейніт утворюється під час повторного нагрівання перед відпусканням. У переважному варіанті здійснення сталь цього винаходу містить від 1 до 3 % бейніту. Бейніт може надавати сталі формовності, однак, коли бейніт присутній у надто великій кількості може погіршуватися границя міцності сталі на розтяг.

40 Ферит може утворитися протягом охолодження на першому етапі охолодження після відпалювання, але не є обов'язковим мікроструктурним компонентом. Утворення фериту необхідно стримувати на низькому рівні, і переважно менше, ніж 2 % або навіть менше, ніж 1 %.

Залишковий аустеніт є необов'язковою мікроструктурою, яка може бути присутня у сталі між 0 % і 2 %.

45 Крім мікроструктури, згаданої вище, мікроструктура холоднокатаного мартенситного сталевого листа не містить мікроструктурних компонентів, таких як-от перліт і цементит.

Сталь згідно винаходу може бути вироблена за допомоги будь-якого відповідного способу. Однак переважно використовувати спосіб згідно винаходу, який буде докладно описаний як необмежувальний приклад.

50 Зазначений переважний спосіб включає одержання заготовки сталевий виливки, яка має хімічний склад первинної сталі згідно винаходу. Виливка може бути виконана або у вигляді злитків, або безперервно у формі тонких слябів або тонких смуг, тобто товщиною приблизно в діапазоні від 220 мм для слябів аж до десятків міліметрів тонкої смуги.

55 Наприклад, сляб, що має хімічний склад згідно винаходу, виробляється шляхом безперервного виливання, причому сляб необов'язково піддається безпосередньо м'якому відновленню протягом процесу безперервного виливання для того, щоб уникнути центральної сегрегації і забезпечити, щоб відношення локального вмісту вуглецю до номінального вмісту вуглецю підтримувалося нижче 1,10. Сляб, одержаний у процесі безперервного виливання, може бути використаний безпосередньо при високій температурі після безперервного

виливання або спочатку може бути охолоджений до кімнатної температури і потім нагрітий повторно для гарячої прокатки.

5 Температура слябу, який піддається гарячій прокатці, повинна становити щонайменше 1000 °С і повинна бути нижчою за 1280 °С. У випадку, коли температура слябу нижче, ніж 1280 °С, на прокатний стан діє надлишкове навантаження і, крім того, температура сталі може знизитися до температури фазового перетворення фериту під час чистової прокатки, з допомогою якої сталь буде прокатана у стані, в якому перетворений ферит міститься у структурі. Тому температура слябу має бути достатньо високою для того, щоб гаряча прокатка обов'язково завершилася в діапазоні температур від Ас3 до Ас3+100 °С. Повторне нагрівання при температурі вище 1280 °С має бути виключене, оскільки у промисловості ця операція є коштовною.

Потім одержаний в такий спосіб лист охолоджують зі швидкістю щонайменше 20 °С/с до температури змотування рулон, яка повинна бути нижче 650 °С. Переважно, швидкість охолодження буде меншою або рівною 200 °С/с.

15 Потім гарячекатаний сталевий лист змотують при температурі змотування в рулон нижче 650 °С для того, щоб уникнути овалування, і переважно між 475 °С і 625 °С для того, щоб уникнути утворення окалини, причому більш переважним діапазоном зазначеної температури змотування в рулон є температура між 500 °С і 625 °С. Потім змотаний сталевий гарячекатаний лист охолоджується до кімнатної температури, до його необов'язкової обробки в процесі відпалювання гарячої смуги.

20 Гарячекатаний сталевий лист може бути оброблений на необов'язковій стадії видалення окалини з метою видалення окалини, що утворилася під час гарячої прокатки, до необов'язкового відпалювання гарячої смуги. Потім гарячекатаний лист може бути підданий необов'язковому відпалюванню гарячої смуги. У переважному варіанті здійснення зазначений відпалювання гарячої смуги здійснюється при температурі між 400 °С і 750 °С, переважно, щонайменше, протягом 12 год. і не більше, ніж 96 год., причому переважно температура залишається нижче 750 °С, щоб уникнути часткового перетворення гарячекатаної мікроструктури, і, отже, можливої втрати однорідності мікроструктури. Згодом, необов'язкова стадія видалення окалини із зазначеного сталевого гарячекатаного листа може бути здійснена, наприклад, шляхом травлення цього листа.

Потім зазначений сталевий гарячекатаний лист піддається холодній прокатці з метою одержання холоднокатаного сталевго листа зі зменшенням товщини між 35 і 90 %.

Після цього, холоднокатаний сталевий лист піддається термічній обробці, яка надає сталі цього винаходу необхідні механічні характеристики і мікроструктуру.

35 Потім холоднокатаний сталевий лист нагрівають у процесі нагрівання з двох етапів, де перший етап починається з нагрівання сталевго листа від кімнатної температури, причому холоднокатаний сталевий лист нагрівають зі швидкістю нагрівання HR1 щонайменше 10 °С/с до температури HT1, яка знаходиться в діапазоні між 550 °С і 750 °С. У переважному варіанті здійснення швидкість нагрівання HR1 на вказаному першому етапі нагрівання становить щонайменше 15 °С/с, а більш переважно щонайменше 18 °С/с. Переважно температура HT1 на зазначеному першому етапі знаходиться між 575 °С і 725 °С.

40 На другому етапі нагрівання холоднокатаний сталевий лист нагрівається від температури HT1 до температури відпалювання T_{soak}, яка знаходиться між Ас3+Ас3+100 °С, переважно між Ас3+10 °С і Ас3+100 °С, зі швидкістю нагрівання HR2 між 1 °С/ і 50 °С/с. У переважному варіанті здійснення швидкість нагрівання HR2 на другому етапі нагрівання знаходиться між 1 °С/с і 25 °С/с і більше переважно між 1 °С/с і 20 °С/с, де значення Ас3 для сталюго листа розраховують з використанням такої формули:

$$Ac3 = 910 - 203[C]^{1/2} - 15,2[Ni] + 44,7[Si] + 104[V] + 31,5[Mo] + 13,1[W] - 30[Mn] - 11[Cr] - 20Cu + 700[P] + 400[Al] + 120[As] + 400[Ti]$$

50 в якій вміст елементів виражений у масових відсотках холоднокатаного сталевго листа.

Холоднокатаний сталевий лист витримують при температурі T_{soak} протягом від 10 до 500 с, щоб забезпечити повну рекристалізацію і повне перетворення на аустеніт сильно деформаційної зміцненої вихідної структури.

55 Потім холоднокатаний сталевий лист охолоджується в процесі охолодження на двох етапах, де перший етап охолодження починається від температури T_{soak}, причому холоднокатаний сталевий лист охолоджується зі швидкістю охолодження CR1 між 30 °С/с і 150 °С/с, до температури T1, яка знаходиться в діапазоні між 630 °С і 750 °С. У переважному варіанті здійснення швидкість охолодження CR1 на першому етапі охолодження знаходиться між 30 °С/с і 120 °С/с. Переважна температура T1 для зазначеного першого етапу знаходиться між 640 °С і 725 °С.

На другому етапі охолодження холоднокатаний сталевий лист охолоджується від температури T1 до температури T2, яка знаходиться між Ms-10 °C і 20 °C, зі швидкістю охолодження CR2, щонайменше 50 °C/c. У переважному варіанті здійснення швидкість охолодження CR2 протягом другого етапу охолодження становить щонайменше 100 °C/c, а більш переважно щонайменше 150 °C/c. Переважна температура T2 другого етапу знаходиться між Ms-50 °C і 20 °C.

Значення Ms для сталевих листів розраховують з використанням такої формули:

$$Ms = 545 - 601.2 * (1 - \text{EXP}(-0.868[C])) - 34.4[Mn] - 13.7[Si] - 9.2[Cr] - 17.3[Ni] - 15.4[Mo] + 10.8[V] + 4.7[Co] - 1.4[Al] - 16.3[Cu] - 361[Nb] - 2.44[Ti] - 3448[B]$$

Після цього холоднокатаний сталевий лист повторно нагрівається до температури відпускання T_{відп} між 150 °C і 300 °C зі швидкістю нагрівання щонайменше 1 °C/c і переважно щонайменше 2 °C/c і більше, ніж щонайменше 5 °C/c, протягом 100 і 600 с. Переважний температурний діапазон для відпускання знаходиться між 200 °C і 300 °C, а переважна тривалість витримування при температурі T_{відп} знаходиться між 200 і 500 с.

Потім холоднокатаний сталевий лист охолоджується до кімнатної температури для одержання холоднокатаної мартенситної сталі.

Холоднокатаний мартенситний сталевий лист цього винаходу необов'язково може бути покритий цинком або цинковими сплавами, або алюмінієм або алюмінієвими сплавами для покращення корозійної стійкості листа.

Приклади

Наступні випробування, приклади, символічний приклад і таблиці, які наведені в описі, по суті, не обмежують і мають розглядатися лише для ілюстрації, причому вони демонструють переваги цього винаходу.

Сталеві листи, виготовлені зі сталей, що мають різний склад, наведені в Таблиці 1, де сталеві листи одержані відповідно до технологічних параметрів, зазначених у Таблиці 2, відповідно. Після цього, у Таблиці 3 наведені дані мікроструктури сталевих листів, одержаних під час досліджень, в Таблиці 4 зведені результати оцінювання одержаних характеристик.

Таблиця 1

Сталь	C	Mn	Si	Cr	Al	Mo	Nb	Ti	S	P	N	V	Ni	Cu	B
1	0,313	0,709	0,346	0,509	0,030	0,197	0,002	0,027	0,016	0,013	0,0044	0	0	0	0,0026
2	0,313	0,709	0,346	0,509	0,030	0,197	0,002	0,027	0,016	0,013	0,0044	0	0	0	0,0026
3	0,313	0,709	0,346	0,509	0,030	0,197	0,002	0,027	0,016	0,013	0,0044	0	0	0	0,0026
4	0,148	1,884	0,204	0,176	0,028	0,0022	0,005	0,0235	0,019	0,018	0,0041	0,0022	0,0015	0,0012	0,0001
5	0,148	1,884	0,204	0,176	0,028	0,0022	0,005	0,0235	0,019	0,018	0,0041	0,0022	0,0015	0,0012	0,0001
6	0,320	0,715	0,356	0,495	0,029	0,0002	0,002	0,024	0,015	0,016	0,0005	0	0	0	0,0024

підкреслені величини: не відповідають винаходу,

У Таблиці 2 зібрані дані гарячої прокатки і відпалювання з технологічними параметрами, реалізованими на холоднокатаних сталевих листах для надання сталям з Таблиці 1 необхідних механічних характеристик для того, щоб перетворити їх на холоднокатану мартенситну сталь.

Таблиця 2

Випробування	Сталь	Повторне нагрівання (°C)	FRT (°C)	Швидкість охолодження при змотуванні (°C/c)	Температура змотування (°C)	CR	Перший етап нагрівання		Другий етап нагрівання		Відпал	Етап 1 охолодження		Етап 2 охолодження		
							Обтискання (%)	HT1 (°C)	HR1 (°C/c)	T _{soak} (°C)		HR2 (°C/c)	T _{soak} (°C)	Час відпалювання (с)	T1 (°C)	CR1 (°C/c)
I1	1	1245	895	30	530	40	630	20	880	2,2	226	654	56	20	735	
I2	2	1245	895	30	530	40	630	18	887	2,1	887	252	697	40	20	703
I3	3	1245	895	30	530	41	734	20	860	1,8	860	282	640	43	20	577
R1	4	1245	895	30	530	53	550	15	880	1,4	880	290	600	34	20	540
R2	5	1245	895	30	530	53	550	15	890	6,5	880	290	643	34	20	580
R3	6	1245	895	30	530	40	600	14	880	1	880	310	640	27	20	524

Випробування	Відпускання			Ms (°C)	Ac3 (°C)
	Швидкість нагрівання до T _{відп} (C/c)	T _{відп} (C/c)	Час витримування (с)		
I1	14	230	225	356	810
I2	13	230	252	356	810
I3	11	230	281	356	810
R1	12	230	290	403	816
R2	12	230	290	403	816
R3	10	230	310	357	814

I = Згідно винаходу; R = порівняльні дані; підкреслені величини: не відповідають винаходу.

5 Таблиця 3 ілюструє результати випробувань, проведених відповідно до стандартів, на різних мікроскопах, таких як-от сканувальний електронний мікроскоп, для визначення мікроструктури як сталей винаходу, так і еталонних сталей, виражених у частках площі. Результати наведені нижче.

Таблиця 3

Випробування	Мартенсит	Ферит + Бейніт	Залишковий аустеніт
I1	98	2 %	-
I2	98	2 %	-
I3	98	2 %	-
R1	89 %	11 %	-
R2	93,5 %	6,5 %	-
R3	94 %	6 %	-

I = Згідно винаходу; R = порівняльні дані; підкреслені величини: не відповідають винаходу.

10 У таблиці 4 зібрані результати різних механічних випробувань, проведених відповідно до стандартів. Випробування границі міцності на розтяг і границі плинності проведені відповідно до стандарту JIS-Z2241. Для оцінки збільшення отвору проведене випробування, яке називається "збільшення отвору"; у цьому випробуванні у зразку пробивають отвір 10 мм і піддають деформації, після якої вимірюють діаметр отвору і розраховують величину $HER\% = 100 \cdot (D_f - D_i) / D_i$

Таблиця 4

Випробування	TS (МПа)	Границя плинності (МПа)	Відносне збільшення отвору HER (%)
I1	1796	1572	28
I2	1809	1581	30
I3	1803	1635	35
R1	1190	983	21
R2	1262	1071	35
R3	1617	1374	19

15 I = Згідно винаходу; R = порівняльні дані; підкреслені величини: не відповідають винаходу.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

1. Холоднокатаний мартенситний сталевий лист, який містить такі елементи, виражені у відсотках за масою:

20 $0,3 \leq C \leq 0,4$;
 $0,5 \leq Mn \leq 1$;

- $0,2 \leq Si \leq 0,6$;
 $0,1 \leq Cr \leq 1$;
 $0,01 \leq Al \leq 1$;
 $0,01 \leq Mo \leq 0,5$;
 5 $0,001 \leq Ti \leq 0,1$;
 $0 < S \leq 0,09$;
 $0 < P \leq 0,09$;
 $0 < N \leq 0,09$;
 10 решта складу припадає на залізо і неминучі домішки, причому мікроструктура зазначеної сталі включає в себе, у частках площі, щонайменше 95 % мартенситу, сукупна кількість фериту і бейніту між 1 і 5 %.
 2. Сталевий лист за п. 1, в якому склад додатково містить один або кілька наступних елементів, виражених у відсотках за масою:
 15 $0 < Nb \leq 0,1$;
 $0 < V \leq 0,1$;
 $0 < Ni \leq 1$;
 $0 < Cu \leq 1$;
 $0 < B \leq 0,05$;
 $0,001 \leq Ca \leq 0,01$;
 20 $0 < Sn \leq 0,1$;
 $0 < Pb \leq 0,1$;
 $0 < Sb \leq 0,1$.
 3. Сталевий лист за п. 1 або 2, у якому склад містить від 0,3 до 0,36 % вуглецю.
 4. Сталевий лист за будь-яким з пп. 1-3, у якому склад містить від 0,3 до 0,38 % вуглецю.
 25 5. Сталевий лист за будь-яким з пп. 1-4, у якому склад містить від 0,01 до 0,5 % алюмінію.
 6. Сталевий лист за будь-яким з пп. 1-5, у якому склад містить від 0,5 до 0,9 % марганцю.
 7. Сталевий лист за будь-яким з пп. 1-6, в якому склад містить від 0,3 до 0,9 % хрому.
 8. Сталевий лист за будь-яким з пп. 1-7, в якому в мікроструктурі також міститься у частках площі 2 % або менше залишкового аустеніту.
 30 9. Сталевий лист за будь-яким з пп. 1-8, в якому кількість мартенситу знаходиться між 96 та 99 %.
 10. Сталевий лист за будь-яким з пп. 1-9, в якому сукупна кількість фериту і бейніту знаходиться між 1 і 4%.
 11. Сталевий лист за будь-яким з пп. 1-10, в якому зазначений лист має границю міцності на розтяг 1700 МПа або більше і границю плинності 1500 МПа або більше.
 35 12. Спосіб одержання холоднокатаного мартенситного сталевго листа, який включає такі послідовні етапи:
 одержання заготовки сталевго складу за будь-яким з пп. 1-7;
 нагрівання зазначеної заготовки до температури між 1000 і 1280 °C;
 40 прокатка зазначеної заготовки в аустенітній області, причому температура завершення гарячої прокатки знаходиться між A_{c3} і $A_{c3}+100$ °C, для одержання сталевго гарячекатаного листа;
 охолодження листа зі швидкістю охолодження щонайменше 20 °C/c до температури змотування в рулон, яка є нижчою за 650 °C; і
 змотування зазначеного гарячекатаного листа;
 45 охолодження зазначеного гарячекатаного листа до кімнатної температури;
 холодна прокатка зазначеного сталевго гарячекатаного листа зі ступенем обтискання між 35 і 90 % для одержання холоднокатаного сталевго листа;
 подальше нагрівання зазначеного холоднокатаного сталевго листа на двох етапах нагрівання, на яких:
 50 перший етап нагрівання холоднокатаного сталевго листа здійснюють від кімнатної температури до температури $HT1$ між 550 і 750 °C, зі швидкістю нагріву $HR1$ щонайменше 10 °C/c;
 другий етап нагрівання здійснюють від температури $HT1$ до температури T_{soak} між A_{c3} і $A_{c3}+100$ °C, зі швидкістю нагріву $HR2$ між 1 і 50 °C/c, причому тривалість витримування становить від 10 до 500 с;
 55 потім охолодження зазначеного холоднокатаного сталевго листа на двох етапах охолодження, на яких:
 перший етап охолодження холоднокатаного сталевго листа здійснюють від температури T_{soak} до температури $T1$ між 630 і 750 °C, зі швидкістю охолодження $CR1$ між 30 і 150 °C/c;
 60 другий етап охолодження здійснюють від температури $T1$ до температури $T2$ між $Ms-10$ і 20 °C,

- зі швидкістю охолодження CR2 щонайменше 50 °C/c;
 потім повторне нагрівання зазначеного холоднокатаного сталевго листа зі швидкістю щонайменше 1 °C/c до температури відпускання $T_{\text{відп}}$ між 150 і 300 °C, причому тривалість витримування становить від 100 до 600 с;
- 5 потім охолодження до кімнатної температури зі швидкістю охолодження щонайменше 1°C/c для одержання холоднокатаного сталевго мартенситного листа.
13. Спосіб за п. 12, в якому після охолодження зазначеного гарячекатаного листа до кімнатної температури здійснюють видалення окалини із зазначеного сталевго гарячекатаного листа.
- 10 14. Спосіб за п. 12 або 13, в якому після охолодження зазначеного гарячекатаного листа до кімнатної температури здійснюють відпалювання сталевго гарячекатаного листа.
- 15 15. Спосіб за п. 14, в якому після відпалювання сталевго гарячекатаного листа здійснюють видалення окалини із зазначеного гарячекатаного сталевго листа.
16. Спосіб за будь-яким із пп. 12-15, в якому зазначена температура охолодження знаходиться між 475 і 625 °C.
- 15 17. Спосіб за будь-яким із пп. 12-16, в якому температура T_{soak} знаходиться між $A_{c3}+10$ і $A_{c3}+100$ °C.
18. Спосіб за будь-яким з пп. 12-17, в якому швидкість охолодження CR1 знаходиться між 30 і 120 °C/c.
19. Спосіб за будь-яким з пп. 12-18, в якому температура T1 знаходиться між 640 і 725 °C.
- 20 20. Спосіб за будь-яким з пп. 12-19, у якому швидкість охолодження CR2 становить щонайменше 100 °C/c.
21. Спосіб за будь-яким з пп. 12-20, в якому T2 знаходиться між Ms-50 і 20 °C.
22. Спосіб за будь-яким з пп. 12-21, в якому $T_{\text{відп}}$ знаходиться між 200 і 300 °C.
- 25 23. Застосування сталевго листа за будь-яким з пп. 1-11 або сталевго листа, одержаного способом за будь-яким з пп. 12-22, для виготовлення конструктивних деталей транспортного засобу.