



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 113628

(13) C2

(51) МПК

C21D 1/19 (2006.01)

C21D 7/13 (2006.01)

C21D 8/02 (2006.01)

C21D 9/46 (2006.01)

C22C 38/04 (2006.01)

C22C 38/18 (2006.01)

C22C 38/22 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(21) Номер заявки: а 2013 14471

(22) Дата подання заявки: 20.04.2012

(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: 27.02.2017

(31) Номер попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції: PCT/FR2011/000294

(32) Дата подання попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції: 12.05.2011

(33) Код держави-учасниці Паризької конвенції, до якої подано попередню заяву: FR

(41) Публікація відомостей про заяву: 10.04.2014, Бюл.№ 7

(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 27.02.2017, Бюл.№ 4

(86) Номер та дата подання міжнародної заявки, поданої відповідно до Договору РСТ: PCT/FR2012/000153, 20.04.2012

(72) Винахідник(и): Жу Канйін (CN/FR), Буазіз Олів'єс (FR)

(73) Власник(и): АРСЕЛОРМІТТАЛ ІНВЕСТІГАСЬОН І ДЕСАРРОЛЛО СЛ, CL/Chavarri, 6, E-48910 Sestao, Bizkaia, Spain (ES)

(74) Представник: Слободянюк Алла Василівна, реєстр. №25

(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою:
Morito S., et al. Effect of Austenite Grain size on the Morphology and Crystallography of Lath Martensite in Low Carbon Steels//ISIJ International, vol. 45, 2005, No. 1, [I. 91-94
Morito S. et al. Effect of block size on the strength of lath martensite in low carbon steels//Materials Science and Engineering: Structural Materials: Properties, Microstrure & processing. vol. 438-440, 25 novembre 2006, pages 237-240
UA a201013177, 10.01.2011
UA a201015426, 25.03.2011
US 3 907 614 A, 23.09.1975
US 2008/0017283 A1, 24.01.2008
US 2010/0230016 A1, 16.09.2010
Tsuiji N., et al. Enhanced structural refinement by combining phase transformation and plastic deformation on dteels//Scripta Materia, Elsevier, Amsterdam, NL. vol. 60, no. 12. 1 juin 2009, pages 1044-1049
Vencataraman G. et al. Thermomechanical treatment of a low carbon Cr-Ni-Mo Steel//Materials Science Engineers. Elsevier Sequoia, Lausanne, CH, vol. 16. no. 1-2, 1 october 1974. pages 133-141

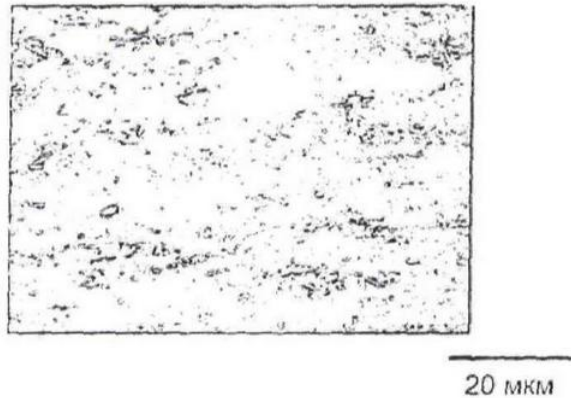
UA 113628 C2

(54) СПОСІБ ВИГОТОВЛЕННЯ ЛИСТА АБО ДЕТАЛІ З НАДМІЦНОЇ МАРТЕНСИТНОЇ СТАЛІ ТА ЛИСТ АБО ДЕТАЛЬ, ОДЕРЖАНІ ЗА ТАКИМ СПОСОБОМ

(57) Реферат:

Об'єктом винаходу є спосіб виготовлення листа зі сталі з повністю мартенситною структурою, в якій середній розмір рейок мартенситу, менший 1 мікрометра, середній коефіцієнт подовження рейок мартенситу складає від 2 до 5, при цьому коефіцієнт подовження рейки мартенситу з

максимальним розміром I_{\max} і з мінімальним розміром I_{\min} визначають як $\frac{I_{\max}}{I_{\min}}$, з межею пружності більше 1300 МПа, з межею міцності, що перевищує $(3220(C)+958)$ МПа, де (C) позначає вміст вуглецю в масових відсотках в сталі, який містить послідовні етапи, здійснювані в нижченаведеному порядку, під час яких отримують напівфабрикат зі сталі, до складу якої входять, в мас. %: $0,15 \leq C \leq 0,40$, $1,5 \leq Mn \leq 3$, $0,005 \leq Si \leq 2$, $0,005 \leq Al \leq 0,1$, $1,8 \leq Cr \leq 4$, $0 \leq Mo \leq 2$, при цьому $2,7 \% \leq 0,5(Mn) + (Cr) + 3(Mo) \leq 5,7 \%$, $S \leq 0,05 \%$, $P \leq 0,1 \%$, і факультативно: $Nb \leq 0,050 \%$, $0,01 \% \leq Ti \leq 0,1 \%$, $0,0005 \% \leq B \leq 0,005 \%$, $0,0005 \% \leq Ca \leq 0,005 \%$, решту складають залізо і немінучі домішки. Напівфабрикат нагрівають до температури T_1 , що складає від 1050 до 1250 °C, потім проводять чорнову прокатку нагрітого напівфабрикату при температурі T_2 , що складає від 1000 до 880 °C, з сукупним коефіцієнтом обтискання ε_a , більшим 30 %, щоб отримати лист повністю рекристалізованою аустенітною структурою з середнім розміром зерна, меншим 40 мікрметрів і переважно, меншим 5 мікрметрів. Лист не повністю охолоджують, щоб уникнути перетворення аустеніту, до температури T_3 , що складає від 600 до 400 °C в метастабільній аустенітній області, зі швидкістю V_{R1} , що перевищує 2 °C/с, потім проводять гарячу чистову прокатку не повністю охолодженого листа при зазначеній температурі T_3 з сукупним коефіцієнтом обтискання ε_b , більшим 30 %, щоб отримати лист, який охолоджують зі швидкістю V_{R2} , що перевищує критичну швидкість гартування на мартенсит.



Фіг.1

Винахід належить до галузі металургії, а саме до способу виготовлення листів або деталей із сталі з мартенситною структурою, що мають вищу механічну міцність, ніж можна було б отримати шляхом аустенізації, з подальшою простий обробкою швидким охолодженням з гартуванням на мартенсит, і властивості механічної міцності і подовження, що дозволяють застосовувати їх для виготовлення деталей, що поглинають енергію, використовуваних в автотранспортних засобах.

В деяких випадках застосування ставиться завдання виконання деталей із сталі, що має надвисоку механічну міцність у поєднанні з високою ударною міцністю і хорошою корозійною стійкістю. Цей тип комбінації представляє особливий інтерес в автомобільній промисловості, де переслідують мету значного полегшення транспортних засобів. Цього можна досягти, зокрема, завдяки використанню деталей із сталей з дуже високими механічними характеристиками, що мають мартенситну або бейнітно-мартенситну мікроструктуру. Деталі для запобігання злому, конструктивні деталі або деталі, що беруть участь в забезпеченні безпеки автотранспортних засобів, наприклад, такі як поперечні балки бамперів, посилення дверей або середньої підніжки, важелі коліс, повинні мати такі характеристики. Переважно їх товщина менше 3 міліметрів.

Так, в патенті EP0971044 розкрито виготовлення сталевго листа, покритого алюмінієм або алюмінієвим сплавом, до складу сталі якого входять, в мас. %: 0,15-0,5% C, 0,5-3% Mn, 0,1-0,5% Si, 0,011% Cr, Ti<0,2%, Al<0,1%, P<0,1%, S<0,05%, 0,005%<B<0,08%, решту складають залізо і неминучі домішки. Цей лист нагрівають так, щоб досягти аустенітного перетворення, потім виконують його гаряче штампування, щоб отримати деталь, яку потім швидко охолоджують, щоб отримати мартенситну або бейнітно-мартенситну структуру. Таким чином, можна, наприклад, добитися механічної міцності більше 1500 МПа. Разом з тим, прагнуть отримати деталі з ще вищою механічною міцністю. Прагнуть також, при даному рівні механічної міцності, зменшити вміст вуглецю в сталі, щоб поліпшити її здатність до зварювання.

Відомий також спосіб виготовлення, званий «аусформінг», згідно якому виконують повну аустенізацію сталі, потім швидко охолодження до проміжної температури, як правило, біля 700-400°C°, тобто в інтервалі, в якому аустеніт є метастабільним. Цей аустеніт піддають гарячій деформації, потім швидко охолоджують, щоб отримати повністю мартенситну структуру. Так, в патенті GB1,080,304 описаний склад сталевго листа, призначеного для такого способу, в який входять: 0,15-1% C, 0,25-3% Mn, 1-2,5% Si, 0,5-3% Mo, 1-3% Cu, 0,2-1% V.

Так само, в патенті GB 1,166,042 описаний склад сталі для способу аусформінга, в який входять: 0,1-0,6% C, 0,25-5% Mn, 0,5-2% Al, 0,5-3% Mo, 0,01-2% Si, 0,01-1% V.

Ці сталі містять значні добавки молібдену, марганцю, алюмінію, кремнію та/або міді. Вони служать для отримання значнішої області метастабільної для аустеніту, тобто для затримки перетворення аустеніту у ферит, бейніт або перліт, при температурі, при якій здійснюють гарячу деформацію. Більшість досліджень, присвячених аусформінгу, були проведені на сталях із вмістом вуглецю більше 0,3%. Тому недоліком складів, призначених для аусформінга, є необхідність особливої обережності при зварці, а також проблеми, що виникають у разі, коли необхідно провести нанесення металевго покриття методом занурення. Крім того, ці склади містять дорогі легуючі елементи.

Необхідно розробити спосіб виготовлення сталевих листів або деталей, що не мають вищезазначених недоліків, які мали б межу міцності на розрив, більш ніж на 50 МПа межа міцності, що перевищує, яку можна було б отримати за допомогою аустенізації з подальшим простим гартуванням на мартенсит. Автори винаходу виявили, що при значеннях вмісту вуглецю від 0,15 до 0,40 мас. % межа міцності при розтягуванні Rm сталевих листів, виготовлених за допомогою повної аустенізації з подальшим простим гартуванням на мартенсит, практично залежить тільки від вмісту вуглецю і пов'язаний з цим вмістом з дуже високою точністю виразом (1):

$$R_m (\text{мегапаскалі}) = 3220(C) + 908.$$

У цьому виразі (C) позначає вміст вуглецю в сталі, виражений в масових відсотках. Таким чином, при даному вмісті вуглецю 3 в сталі необхідно реалізувати спосіб, що забезпечує досягнення межі міцності, що перевищує на 50 МПа значення виразу (1), тобто межа міцності, що перевищує 3220(C) + 958 МПа, для цієї сталі. При цьому ставиться завдання створення способу виготовлення листів, використовуваних безпосередньо, тобто які не вимагають обов'язкового відпуску після гартування. Ставиться також завдання розробки способу виготовлення листа або деталі, що легко піддаються нанесенню покриття методом занурення в металеву ванну.

Ці листи або ці деталі можна зварювати за допомогою звичайних способів, і вони можуть не містити дорогих добавок з легуючих елементів.

Справжній винахід покликаний вирішити вищезазначені завдання. Зокрема, його метою є

отримання листів з межею пружності більше 1300 МПа, з межею міцності, вираженою в мегапаскалях, МПа, що перевищує (3220(C)+958), і переважно із загальним подовженням більше 3%.

У зв'язку з цим об'єктом винаходу є спосіб виготовлення листа із сталі з повністю мартенситною структурою, в якій середній розмір рейок мартенситу менше 1 мікрметра, при цьому середній коефіцієнт подовження рейок мартенситу складає від 2 до 5, коефіцієнт подовження рейки мартенситу з максимальним розміром L_{\max} і з мінімальним розміром L_{\min} визначають як $\frac{L_{\max}}{L_{\min}}$ з межею пружності більше 1300 МПа, з межею міцності, мегапаскалів, що

перевищує (3220(C)+958), де (C) позначає вміст вуглецю в сталі в масових відсотках, що містить послідовні стадії, здійснювані в нижченаведеному порядку, під час яких:

- отримують напівфабрикат із сталі, до складу якої входять, в мас. %: $0,15\% \leq C \leq 0,40\%$, $1,5\% \leq Mn \leq 3\%$, $0,005\% \leq Si \leq 2\%$, $0,005\% \leq Al \leq 0,1\%$, $1,8\% \leq Cr \leq 4\%$, $Mo \leq 2\%$, при цьому $2,7\% \leq 0,5(Mn) + (Cr) + 3(Mo) \leq 5,7\%$, $S \leq 0,05\%$, $P \leq 0,1\%$, і необов'язково: $Nb \leq 0,050\%$, $0,01\% \leq Ti \leq 0,1\%$, $0,0005\% \leq B \leq 0,005\%$, $0,0005\% \leq Ca \leq 0,005\%$, решту складають залізо і немінучі домішки,

- напівфабрикат нагрівають до температури T_1 , яка складає від 1050°C до 1250°C , потім виконують чорнову прокатку нагрітого напівфабрикату при температурі T_2 , яка складає від 1000° до 880°C , із загальним коефіцієнтом обтискання ε_a більшим 30%, щоб отримати лист з повністю рекристалізованою аустенітною структурою і середнім розміром зерна меншим 40 мікрметрів і переважно меншим 5 мікрметрів, при цьому загальний коефіцієнт обтискання ε_a

визначають як $\varepsilon_a = \ln \frac{e_{ia}}{e_{fa}}$, де e_{ia} позначає товщину напівфабрикату перед гарячою чорною

прокаткою, а e_{fa} - товщину листа після чорнової прокатки, потім

- лист не повністю охолоджують до температури T_3 , яка складає від 600° до 400°C в метастабільній аустенітній області, із швидкістю V_{R1} , що перевищує $2^\circ\text{C}/\text{с}$, потім

- виконують гарячу чистову прокатку зазначеного не повністю охолодженого листа при температурі T_3 із загальним коефіцієнтом обтискання ε_b більшим 30%, щоб отримати лист, при

цьому загальний коефіцієнт обтискання ε_b визначають як $\varepsilon_b = \ln \frac{e_{ib}}{e_{fb}}$, де e_{ib} позначає товщину

листа перед гарячою чистовою прокаткою і e_{fb} - товщину листа після чистової прокатки, потім

- лист охолоджують із швидкістю V_{R2} , що перевищує критичну швидкість гартування на мартенсит.

Об'єктом винаходу є також спосіб виготовлення деталі із сталі з повністю мартенситною структурою, в якій середній розмір рейок мартенситу менший 1 мікрметра, при цьому середній коефіцієнт подовження рейок мартенситу складає від 2 до 5, який містить послідовні стадії, здійснювані в нижченаведеному порядку, під час яких:

- отримують листову заготовку із сталі, до складу якої входять, в мас. %: $0,15\% \leq C \leq 0,40\%$, $1,5\% \leq Mn \leq 3\%$, $0,005\% \leq Si \leq 2\%$, $0,005\% \leq Al \leq 0,1\%$, $1,8\% \leq Cr \leq 4\%$, $Mo \leq 2\%$, при цьому $2,7\% \leq 0,5(Mn) + (Cr) + 3(Mo) \leq 5,7\%$, $S \leq 0,05\%$, $P \leq 0,1\%$, необов'язково: $Nb \leq 0,050\%$, $0,01\% \leq Ti \leq 0,1\%$, $0,0005\% \leq B \leq 0,005\%$, $0,0005\% \leq Ca \leq 0,005\%$, решту складають залізо і немінучі домішки,

- листову заготовку нагрівають до температури T_1 , яка складає від $Ac3$ до $Ac3+250^\circ\text{C}$, так, щоб середній розмір аустенітного зерна був менший 40 мікрметрів і переважно менший 5 мікрметрів, потім

- листову заготовку поміщають в прес для гарячого штампування або в пристрій гарячої деформації, потім

- листову заготовку охолоджують до температури T_3 , яка складає від 600° до 400°C , із швидкістю V_{R1} , що перевищує $2^\circ\text{C}/\text{с}$, щоб уникнути перетворення аустеніту,

- при цьому порядок двох останніх операцій можна поміняти на зворотний, потім

- виконують гаряче штампування або гарячу деформацію при температурі T_3 охолодженої листової заготовки на величину $\overline{\varepsilon_c}$, що перевищує 30%, принаймні, в одній зоні, для отримання

деталі, при цьому $\overline{\varepsilon_c}$ визначають як $\overline{\varepsilon_c} = \frac{2}{\sqrt{3}} \sqrt{\varepsilon_1^2 + \varepsilon_1 \varepsilon_2 + \varepsilon_2^2}$, де ε_1 і ε_2 позначають загальні

головні деформації на всіх етапах деформації при температурі T_3 , потім

- деталь охолоджують із швидкістю V_{R2} , що перевищує критичну швидкість гартування на мартенсит.

Згідно переважному варіанту, листову заготовку піддають гарячому штампуванню для отримання деталі, потім деталь витримують усередині штампувального інструменту для її

оохолоджування із швидкістю V_{R2} , що перевищує критичну швидкість гартування на мартенсит.

Згідно переважному варіанту, на листову заготовку заздалегідь наносять покриття з алюмінію або із сплаву на основі алюмінію.

Згідно переважному варіанту, на листову заготовку заздалегідь наносять покриття з цинку або із сплаву на основі цинку.

Переважно сталевий лист або деталь, отриману за допомогою будь-якого з вищезгаданих способів виготовлення, піддають подальшому відпуску при температурі T_4 , яка складає від 150° до 600°C , протягом від 5 до 30 хвилин.

Об'єктом винаходу є також лист з невідпущеної сталі з межею пружності більшою 1300 МПа , з межею міцності більшою $(3220(\text{C})+958)$ мегапаскалів, де (C) позначає вміст вуглецю в масових відсотках в сталі, отриманий за допомогою будь-якого з вищезазначених способів виготовлення, який має повністю мартенситну структуру з середнім розміром рейок мартенситу меншим 1 мікрметра , при цьому середній коефіцієнт подовження рейок мартенситу складає від 2 до 5.

Об'єктом винаходу є також деталь з невідпущеної сталі, отримана за допомогою будь-якого з вищезазначених способів виготовлення, при цьому деталь містить, принаймні, одну зону повністю мартенситної структури з середнім розміром рейок мартенситу менше 1 мікрметра , при цьому середній коефіцієнт подовження рейок мартенситу складає від 2 до 5, при цьому межа пружності у зазначеній зоні перевищує 1300 МПа і межа міцності перевищує $(3220(\text{C})+958)$ мегапаскалів, де (C) позначає вміст вуглецю в сталі в масових відсотках.

Об'єктом винаходу є також сталевий лист або деталь, отримана за допомогою способу з вищезгаданою відпуском, при цьому сталь має повністю мартенситну структуру, яка, принаймні, в одній зоні має середній розмір рейок мартенситу менший $1,2\text{ мікрметра}$, при цьому середній коефіцієнт подовження рейок складає від 2 до 5.

Автори винаходу встановили, що вищезгадані проблеми вирішуються завдяки спеціальному способу аусформінга, вживаному для конкретного діапазону складів сталей. На відміну від досліджень, що проводилися раніше, які показували, що аусформінг вимагає додавання дорогих легуючих елементів, автори винаходу несподівано встановили, що цей ефект може бути досягнутий за допомогою складів, що містять легуючі елементи в набагато меншій кількості.

Інші відмітні ознаки і переваги винаходу будуть очевидніші з нижченаведеного опису, представленого як приклад, з посиланнями на наступні фігури, що додаються:

Фіг. 1 - приклад мікроструктури сталевих листа, виготовленого за допомогою заявленого способу;

Фіг. 2 - приклад мікроструктури листа з такої ж сталі, виготовленого за допомогою контрольного способу за допомогою нагрівання а аустенітній області з подальшим простим гартуванням на мартенсит;

Фіг. 3 - приклад мікроструктури сталевих деталі, виготовленої за допомогою заявленого способу.

Далі слідує докладніше пояснення складу сталей, вживаних в рамках заявленого способу.

Якщо вміст вуглецю в сталі нижчий $0,15\text{ мас.}\%$, прожарюваність сталі є недостатньою з урахуванням вживаного способу, і неможливо отримати повністю мартенситну структуру. Якщо цей вміст перевищує $0,40\%$, зварні шви, виконані на цих листах або цих деталях, володіють недостатньою в'язкістю. Оптимальний вміст вуглецю для здійснення винаходу складає від $0,16$ до $0,28\%$.

Марганець знижує температуру початку утворення мартенситу і уповільнює розпад аустеніту. Для досягнення достатніх ефектів з метою забезпечення застосування аусформінга вміст марганцю не повинен бути нижчим $1,5\%$. Крім того, якщо вміст марганцю перевищує 3% , зони сегрегації з'являються в надмірній кількості, що негативно позначається на реалізації винаходу. Переважний інтервал для застосування винаходу складає від $1,8$ до $2,5\%$ Mn.

Вміст кремнію повинен перевищувати $0,005\%$, щоб він сприяв розкислюванню сталі в рідкій фазі. Кремній не повинен перевищувати вмісту $2\text{ мас.}\%$ унаслідок утворення поверхневих оксидів, які істотно знижують можливість нанесення покриття у випадку, якщо необхідно нанести покриття на лист за допомогою способів, що включають безперервне пропускання сталевих листа через ванну металевих покриттів.

Хром і молібден є дуже ефективними елементами для затримки перетворення аустеніту і для розділення областей феритно-перлітного і бейнітного перетворення, при цьому феритно-перлітне перетворення відбувається при температурах, що перевищують температуру бейнітного перетворення. Ці області перетворення мають при цьому вигляд двох «язиків», добре помітних на діаграмі ізотермічного перетворення (Перетворення-Температура-час)

аустеніту, що дозволяє застосовувати спосіб відповідно до винаходу.

Вміст хрому повинен складати від 1,8 мас.% до 4 мас.%, щоб отримати достатній ефект затримки при перетворенні аустеніту. Вміст хрому в сталі повинен враховувати вміст інших елементів, що підвищують прожарюваність, таких як марганець і молібден: дійсно, враховуючи

відповідний вплив марганцю, хрому і молібдену на перетворення з аустеніту, комбіноване додавання цих елементів слід здійснювати з дотриманням наступної умови, де кількості, відповідно позначені (Mn) (Cr) (Mo), виражені в масових відсотках: $2,7\% \leq (Mn) + (Cr) + 3(Mo) \leq 5,7\%$.

Разом з тим, вміст молібдену не повинен перевищувати 2% унаслідок його високої вартості.

Вміст алюмінію в сталі відповідно до винаходу не повинен бути нижчим 0,005%, щоб забезпечити достатнє розкислювання сталі в рідкому стані. Якщо вміст алюмінію перевищує 0,1 мас.%, можуть виникнути проблеми при відливанні. Може також відбуватися утворення включень оксиду алюмінію в дуже великій кількості і дуже великого розміру, що негативно впливають на в'язкість.

Вміст сірки і фосфору в сталі відповідно обмежений значеннями 0,05% і 0,1%, щоб уникнути зниження пластичності або в'язкості деталей або листів, що виготовляються в рамках винаходу.

Сталь може також за необхідності містити ніобій та/або титан, що дозволяє поліпшити додаткове подрібнення зерна. Враховуючи підвищення твердості в гарячому стані, якому сприяють ці добавки, їх вміст слід обмежувати значенням 0,050% для ніобію, і воно повинне складати від 0,01 до 0,1% для титану, щоб уникнути необхідності збільшення зусиль під час гарячої прокатки.

Сталь може також необов'язково містити бор: дійсно, значна деформація аустеніту може прискорити перетворення на ферит при охолодженні, чого слід уникати. Додавання бору в кількість від 0,0005 до 0,005 мас.% дозволяє застрахуватися від передчасного феритного перетворення.

Сталь може також необов'язково містити кальцій в кількості від 0,0005 до 0,005%: у поєднанні з киснем і сіркою кальцій дозволяє уникнути утворення включень великого розміру, які негативно позначаються на пластичності листів, що виготовляються, або деталей.

Решта частини у складі сталі утворена залізом і немінучими при її варці домішками.

Сталеві листи або деталі, виготовлені відповідно до винаходу, характеризуються повністю мартенситною структурою з дуже дрібними рейками: враховуючи спеціальні термомеханічний цикл і склад, середній розмір мартенситних рейок не досягає 1 мікрметра, а їх середній коефіцієнт подовження складає від 2 до 5. Ці мікроструктурні характеристики визначають, наприклад, шляхом спостереження мікроструктури за допомогою електронного скануючого мікроскопа, в якому використовують прожектор скануючого пучка з польовим ефектом (технологія "MEB-FEG"), при збільшенні більш 1200x, у поєднанні з детектором EBSD ("Electron Backscatter Diffraction"). Вважається, що дві суміжні рейки є помітними, якщо їх розорієнтування за кутом перевищує 5 градусів. Середній розмір рейок визначають відомим методом січних: середній розмір рейок, що перетинаються, оцінюють за допомогою ліній, що випадково розташовуються відносно мікроструктури. Вимірювання здійснюють, принаймні, на 1000 рейках, щоб набути репрезентативного середнього значення. Потім шляхом аналізу зображень за допомогою відомих програмних засобів визначають морфологію окремих рейок: визначають максимальні L_{max} і мінімальний L_{min} розмір кожної мартенситної рейки і коефіцієнт її подовження

$\frac{L_{max}}{L_{min}}$. Щоб отримати статистичну репрезентативність, це спостереження виконують, принаймні, на 1000 мартенситних рейках. Потім для всіх цих спостережуваних рейок визначають середній коефіцієнт подовження $\frac{L_{max}}{L_{min}}$.

Спосіб відповідно до винаходу дозволяє отримувати або листовий прокат, або штамповані або деформовані в гарячому стані деталі.

Спосіб виготовлення гарячекатаних листів відповідно до винаходу містить наступні стадії:

Спочатку постачають напівфабрикат із сталі, що має вищезгаданий склад. Цей напівфабрикат може бути у вигляді сляба, отриманого в результаті безперервного відливання, тонкого сляба або злитка. Наприклад, безперервнолитий сляб має товщину біля 200 мм, тонкий сляб має товщину близько 50-80 мм. Цей напівфабрикат нагрівають до температури T_1 , яка складає від 1050°C до 1250°C. Температура T_1 перевищує A_{c3} , температуру повного перетворення на аустеніт при нагріві. Таким чином, цей нагрів дозволяє здійснити повну аустенізацію сталі, а також розчинення можливих карбонітридів ніобію, присутніх в напівфабрикаті. Ця стадія нагрівання дозволяє також здійснювати різні подальші операції гарячої прокатки: здійснюють так звану чорнову прокатку при температурі T_2 , яка складає від

1000°C до 880°C.

Загальний коефіцієнт обтискання на різних етапах чорнової прокатки позначений ε_a . Якщо e_{ia} позначає товщину напівфабрикату перед гарячою чорною прокаткою, а e_{fa} - товщину листа після цієї прокатки, то загальний коефіцієнт обтискання визначають як $\varepsilon_a = \ln \frac{e_{ia}}{e_{fa}}$. Згідно

- 5 винаходу, загальний коефіцієнт обтискання ε_a під час чорнової прокатки повинен бути більший 30%. У цих умовах отримують повністю рекристалізований аустеніт з середнім розміром зерна меншим 40 мікрметрів і навіть меншим 5 мікрметрів, коли деформація ε_a перевищує 200% і коли температура T_2 складає від 950 до 880°C. Потім виконують неповне охолодження листа до проміжної температури T_3 , щоб уникнути перетворення аустеніту, із швидкістю V_{R1} , що перевищує 2°C, до температури T_3 від 600°C до 400°C, тобто охолодження до температурної області, в якій аустеніт є метастабільним, і не повинен бути присутнім в умовах термодинамічної рівноваги. Потім виконують гарячу чистову прокатку листа при температурі T_3 , при цьому загальний коефіцієнт обтискання b перевищує 30%. У цих умовах отримують пластично деформовану аустенітну структуру, в якій не відбувається рекристалізації. Потім лист охолоджують із швидкістю V_{R2} , що перевищує критичну швидкість гартування на мартенсит.

- 10 Не дивлячись на те, що вищезгаданий спосіб був описаний для виготовлення плоских виробів (листів), зокрема, із слябів, винахід не обмежується цією геометрією і цим типом виробів і може бути також адаптоване для виготовлення довгих виробів, прутків, профілів за допомогою послідовних етапів гарячої деформації.

- 20 Спосіб виготовлення листів гарячим штампуванням або гарячою деформацією відповідно до винаходу містить наступні стадії:

- спочатку постачають листову заготовку із сталі, до складу якої входять, в мас. %: $0,15\% \leq C \leq 0,40\%$, $1,5\% \leq Mn \leq 3\%$, $0,005\% \leq Si \leq 2\%$, $0,005\% \leq Al \leq 0,1\%$, $1,8\% \leq Cr \leq 4\%$, $0\% \leq Mo \leq 2\%$, при цьому $2,7\% \leq 0,5(Mn) + (Cr) + 3(Mo) \leq 5,7\%$, $S \leq 0,05\%$, $P \leq 0,1\%$, необов'язково: $0 \leq Nb \leq 0,050\%$, $0,01\% \leq Ti \leq 0,1\%$, $0,0005\% \leq B \leq 0,005\%$, $0,0005\% \leq Ca \leq 0,005\%$.

- Цю плоску листову заготовку отримують за допомогою розрізання листа або рулону за формою, відповідною кінцевій геометрії необхідної деталі. Ця листову заготовка може не мати нанесеного покриття або за необхідності може мати раніше нанесене покриття. Покриттям може бути алюміній або сплав на основі алюмінію. У цьому останньому випадку на лист заздалегідь наносять покриття за допомогою безперервного пропускання із зануренням у ванну сплаву алюмінія-кремнію, що містить 5-11 мас. % кремнію, 2-4 мас. % заліза, необов'язково від 15 до 30 частин на мільйон кальцію, решту складають алюміній і немінучі домішки.

- Листову заготовку можна також заздалегідь покрити цинком або сплавом на основі цинку. Попереднє покриття може бути, зокрема, гальванічним покриттям, покриттям, нанесеним за допомогою безперервного занурення ("GI"), або гальванічним і легованим покриттям ("GA").

- Листову заготовку нагрівають до температури T_1 , яка складає від $Ac3$ до $Ac3+250^\circ C$. У разі, коли листову заготовку містить заздалегідь нанесене покриття, переважно нагрівають здійснюють в печі в звичайній атмосфері; під час цієї стадії відбувається сплавлення сталі і заздалегідь нанесеного покриття. Покриття, що утворюється при сплавленні, захищає нижче розташовану сталь від окислення і від знеуглецювання і отримує здатність до подальшої гарячої деформації. Листову заготовку витримують при температурі T_1 для забезпечення однорідності температури усередині заготовки. Залежно від товщини листової заготовки, яка складає, наприклад, від 0,5 до 3 мм, час витримки при температурі T_1 коливається від 30 секунд до 5 хвилин.

- 45 У цих умовах структура сталі листової заготовки є повністю аустенітною. Обмеження температури значенням $Ac3+250^\circ C$ дозволяє обмежити зростання аустенітного зерна середнім розміром менше 40 мікрметрів. Якщо температура складає від $Ac3$ до $Ac3+50^\circ C$, середній розмір зерна переважно менший 5 мікрметрів.

- 50 - нагріту таким чином листову заготовку поміщають всередину преса для гарячого штампування або всередину пристрою гарячої деформації. Останній може бути, наприклад, пристроєм «рольформінгу», в якому листову заготовку піддають послідовній деформації гарячої профілізації за допомогою пропускання через ряд роликів, поки вона не отримає кінцеву геометрію необхідної деталі. Переміщення листової заготовки до пресу або до пристрою деформації повинно відбуватися достатньо швидко, щоб уникнути перетворення аустеніту,

- 55 - потім листову заготовку охолоджують із швидкістю V_{R1} , що перевищує 2°C/с, щоб уникнути перетворення аустеніту, до температури T_3 , яка складає від 600 до 400°C, що є температурною областю, в якій аустеніт є метастабільним.

Альтернативно, можна поміняти порядок цих двох останніх стадій, тобто спочатку охолодити

листову заготовку із швидкістю V_{R1} , що перевищує $2^\circ\text{C}/\text{с}$, потім її перемістити всередину штампувального пресу або пристрою гарячої деформації, щоб її можна було піддати гарячому штампуванню або деформації.

Листову заготовку піддають гарячому штампуванню або деформації при температурі T_3 , яка складає від 600° до 400°C , причому цю гарячу деформацію можна здійснювати за один етап або за декілька послідовних етапів, як у разі вищезгаданого рольформінгу. Штампування дозволяє отримати з початкової плоскої заготовки деталь, форма якої не вимагає доведення. Незалежно від варіанту гарячої деформації, загальна деформація $\overline{\varepsilon}_c$ повинна перевищувати 30% для отримання не рекристалізованого деформованого аустеніту. Оскільки варіанти деформації можуть варіювати унаслідок геометрії деталі і варіанту локальної дії напруження (розширення, витяжка, розтягування або одноосьове стискування), еквівалентну деформацію в кожній точці

деталі позначають $\overline{\varepsilon}_c$ і визначають як $\overline{\varepsilon}_c = \frac{2}{\sqrt{3}} \sqrt{\varepsilon_1^2 + \varepsilon_1\varepsilon_2 + \varepsilon_2^2}$, де ε_1 і ε_2 позначають загальні

головні деформації на всіх етапах деформації при температурі T_3 . У першому варіанті гарячу деформацію вибирають так, щоб дотримувати умову $\overline{\varepsilon}_c > 30\%$ в будь-якому місці деталі, що деформується.

За необхідності можна також застосовувати спосіб гарячої деформації, при якому ця умова дотримується тільки в деяких конкретних місцях, відповідних зонам деталей, які найбільш піддаються напруженню, в яких необхідно отримати виключно високі механічні характеристики. У цих умовах отримують деталь із змінними механічними властивостями, які в деяких місцях можуть з'являтися в результаті простого гартування на мартенсит (випадок можливих зон, локально не деформованих під час гарячої деформації), а в інших зонах - в результаті заявленого способу, який призводить до мартенситної структури з виключно обмеженим розміром рейок і з підвищеними механічними властивостями.

Після гарячої деформації деталь охолоджують із швидкістю V_{R2} , що перевищує критичну швидкість гартування на мартенсит, щоб отримати повністю мартенситну структуру. У разі гарячого штампування це охолодження можна здійснити шляхом витримки деталі в інструменті в тісному з ним контакті. Це охолодження за рахунок теплопровідності можна прискорити за допомогою охолодження штампувального інструменту, наприклад, за допомогою каналів, виконаних в інструменті і які забезпечують циркуляцію холодагенту.

Таким чином, окрім вживаного складу сталі, спосіб гарячого штампування відповідно до винаходу відрізняється від звичайного способу, в якому гаряче штампування починають, як тільки листову заготовку опиняється в пресі. Згідно цьому відомому способу, межа текучості сталі є найбільш низькою при високій температурі, і зусилля, необхідні для преса, є мінімальними. Для порівняння, спосіб відповідно до винаходу полягає в дотриманні часу вичікування, поки листову заготовку не досягне температурної області, необхідної для аусформінгу, потім виконують гаряче штампування листової заготовки при температурі, значно нижчій, ніж в звичайному способі. При даній товщині листової заготовки зусилля штампування преса є декілька вищим, та зате отримують дрібнішу структуру, ніж у відомому способі, яка додає вищі механічні властивості межі пружності, міцності і пластичності. Для дотримання вимог, відповідних даному рівню напруги, можна зменшити товщину листових заготовок і тим самим зменшити зусилля штампування деталей відповідно до винаходу.

Крім того, згідно відомому способу штампування, гарячу деформацію необхідно обмежити відразу після штампування, оскільки ця високотемпературна деформація сприяє утворенню фериту в зонах, що найбільш деформуються, чого слід уникати. Спосіб відповідно до винаходу не має цього обмеження.

Незалежно від варіанту заявленого способу, сталеві листи або деталі можна використовувати як такі або можна піддати відпуску, здійснюваному при температурі T_4 , яка складає від 150°C до 600°C протягом від 5 до 30 хвилин. Ця обробка відпуском дозволяє підвищити пластичність за рахунок зниження межі пружності і міцності. Разом з тим, автори винаходу встановили, що заявлений спосіб, який додає межу міцності на розрив, як мінімум, на 50 МПа вищу, ніж після звичайного гартування, зберігав цю перевагу навіть після обробки відпуском при температурах від 150° до 600°C . При цьому відпуску характеристики дрібнозернистості мікроструктури зберігаються, при цьому середній розмір рейок мартенситу менший 1,2 мікрметра, а середній коефіцієнт їх подовження складає від 2 до 5.

Наступні результати, представлені як не обмежувальні приклади, показують переважні характеристики, що забезпечуються винаходом.

Приклад 1:

Були поставлені сталеві напівфабрикати наступного складу, вираженого в масових

відсотках (%):

	C	Mn	Si	Cr	Mo	Al	S	P	Nb	Ti	B	0,5Mn+Cr + 3 Mo
A	0,195	1,945	0,01	1,909	0,05	0,03	0,003	0,02	0,01	0,012	0,0014	3,03
B	0,24	1,99	0,01	1,86	0,008	0,027	0,003	0,02	0,008	-	-	2,88

Напівфабрикати товщиною 31 мм були нагріті і витримані 30 хвилин при температурі T_1 1050°C, потім піддані чорновій прокатці в 5 проходів при температурі T_2 910°C до товщини 6 мм із загальним коефіцієнтом обтискання $\varepsilon_a=164\%$. На цій стадії структура є повністю аустенітною і повністю рекристалізованою з середнім розміром зерна 30 мікрметрів. Отримані таким чином листи були потім охолоджені із швидкістю 25°C/с до температури T_3 550°C, при якій вони були прокатані в 5 проходів із загальним коефіцієнтом обтискання ε_b 60%, потім охолоджені до навколишньої температури із швидкістю 80°C/с, щоб отримати повністю мартенситну мікроструктуру. Для порівняння листи сталі вищезгаданого складу були нагріті до температури 1250°C, витримані 30 хвилин при цій температурі, потім охолоджені водою, щоб отримати повністю мартенситну мікроструктуру (контрольна обробка).

За допомогою випробувань на розтягування визначили межу пружності R_e , межу міцності на розрив R_m і загальне подовження A листів, отриманих за допомогою цих різних варіантів виготовлення. Було також використане оцінне значення міцності після простого гартування на мартенсит (3220(C)+908 (МПа), а також різниця між оцінним значенням і реально виміряною міцністю.

Було також проведено визначення мікроструктури отриманих листів за допомогою електронного скануючого мікроскопа із застосуванням прожектора зчитуючого пучка з польовим ефектом (технологія "MEB-FEG") і детектора EBSD і був визначений середній розмір рейок

мартенситної структури, а також середній коефіцієнт подовження $\frac{l_{\max}}{l_{\min}}$.

Результати цих різних досліджень представлені нижче. Випробування A1 і A2 позначають випробування, проведені на складі А сталі за двох різних умов, випробування B1 було проведено при складі В сталі.

	Випробування	Температура T_3 (°C)	R_e (МПа)	R_m (МПа)	A (%)	3220 %C+908 (МПа)	ΔR_m (МПа)	Середній розмір рейок мартенситу (мкм)	$\frac{l_{\max}}{l_{\min}}$
Винахід	A1	550	1588	1889	5,9	1536	353	0,9	3
	B1	550	1572	1986	6,5	1681	306	0,8	4
Контроль	A2	-	1223	1576	6,9	1536	40	2	7

Умови випробувань і отримані результати

Підкреслені значення: не відносяться до винаходу

На Фіг. 1 показана мікроструктура, отримана в результаті випробування A1. Для порівняння на Фіг. 2 показана мікроструктура цієї ж сталі, просто нагрітої до 1250°C, витриманої при цій температурі протягом 30 хвилин і потім підданій гартуванню у воді (випробування A2). Заявлений спосіб дозволяє отримати мартенсит з набагато меншим середнім розміром рейок, які до того ж менш подовжені, ніж в контрольній структурі.

У разі випробування A2 (просте гартування на мартенсит) відмічено, що значення оцінної міцності (1536 МПа) з виразу (1) близьке до значення, отриманого експериментальним шляхом (1576 МПа).

При випробуваннях A1 і B1 відповідно до винаходу значення ΔR_m відповідно дорівнюють 353 МПа і 306 МПа. Таким чином, спосіб відповідно до винаходу дозволяє набувати значень механічної міцності значно вищих за значення, що отримуються при простому гартуванні на мартенсит. Це збільшення міцності (353 або 306 МПа) еквівалентне збільшенню, яке можна було б отримати згідно відношенню (1) за допомогою простого гартування на мартенсит, вживаного для сталей, до яких була введена додаткова добавка вуглецю приблизно 0,11% або 0,09%. Проте таке збільшення вмісту вуглецю могло б мати негативні наслідки з погляду

здатності до зварювання і в'язкості, тоді як заявлений спосіб дозволяє досягти дуже високих значень механічної міцності без цих недоліків.

Листи, виготовлені відповідно до винаходу, враховуючи низький вміст в них вуглецю, володіють хорошою здатністю до зварювання відомими способами, зокрема, до точкового контактного зварювання.

Потім була проведена термічна обробка відпуском за різних умов температури і часу з дотриманням нижче зазначеної умови В1: при температурі до 600°C і тривалості до 30 хвилин середній розмір мартенситних рейок залишається меншим 1,2 мікрометра.

Приклад 2:

Були постачені сталеві листові заготовки завтовшки 3 мм наступного складу, вираженого в масових відсотках (%) вмісту:

Сталь	3	Mn	Si	Cr	Mo	Al	S	P	Nb	0,5Mn+Cr+ 3 Mo
В	0,24	1,99	0,01	1,86	0,008	0,027	0,003	0,02	0,008	2,88

Листові заготовки були нагріті до 1000°C (тобто приблизно $A_{c3}+210^{\circ}C$) протягом 5 хвилин. Потім вони були:

- або охолоджені із швидкістю 50°C/с до температури T_3 525°C, потім піддані штампуванню при цій температурі з еквівалентною деформацією ε_c , що перевищує 50%, і, нарешті, були охолоджені з швидкістю, що перевищує критичну швидкість гартування на мартенсит (випробування В2)

- або охолоджені із швидкістю 50°C/с до температури 525°, потім охолоджені з швидкістю, що перевищує критичну швидкість гартування на мартенсит (випробування В3).

Нижче в таблиці наведені набуті механічні властивості:

	Випро- бування	Темпе- ратура T_3 (°C)	Re (МПа)	Rm (МПа)	3220 %C+908 (МПа)	IRml (МПа)	Середній розмір рейок мартен- ситу (мкм)	$\frac{l_{max}}{l_{min}}$
Винахід	В2	525	1531	1912	1681	299	0,9	3
Контроль	В3	-	1320	1652	1681	29	1,8	5

Умови випробувань і отримані результати

Підкреслені значення: не відносяться до винаходу

На Фіг. 3 показана мікроструктура, що отримана в умові В3 відповідно до винаходу, характеризується дуже дрібним розміром рейок мартенситу (0,9 мікрометра) і невеликим коефіцієнтом подовження.

Таким чином, винахід забезпечує виготовлення листів або деталей з покриттям або без нього з високими механічними характеристиками за дуже задовільних економічних умов.

Ці листи або деталі застосовують для виготовлення захисних деталей і, зокрема, деталей для попередження злому, або для підстав, підсилювальних балок, підніжок в автомобільній промисловості.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

1. Спосіб виготовлення листа зі сталі з повністю мартенситною структурою, в якій середній розмір рейок мартенситу менший 1 мікрометра, при цьому середній коефіцієнт подовження рейок мартенситу складає від 2 до 5, коефіцієнт подовження рейки мартенситу з максимальним розміром l_{max} і з мінімальним розміром l_{min} визначають як $\frac{l_{max}}{l_{min}}$ з межею пружності більше

1300 МПа, з межею міцності, що перевищує $(3220(C)+958)$ МПа, де (C) позначає вміст вуглецю в масових відсотках в сталі, який містить послідовні стадії, здійснювані в нижченаведеному порядку, під час яких:

- отримують напівфабрикат зі сталі, до складу якої входять, в мас. %:

$0,15 \leq C \leq 0,40$,

$1,5 \leq Mn \leq 3$,

- $0,005 \leq \text{Si} \leq 2$,
 $0,005 \leq \text{Al} \leq 0,1$,
 $1,8 \leq \text{Cr} \leq 4$,
 $\text{Mo} \leq 2$,
- 5 при цьому
 $2,7 \% \leq 0,5(\text{Mn}) + (\text{Cr}) + 3(\text{Mo}) \leq 5,7 \%$,
 $\text{S} \leq 0,05 \%$,
 $\text{P} \leq 0,1 \%$,
 решту складають залізо і неминучі домішки,
- 10 - зазначений напівфабрикат нагрівають до температури T_1 , що складає від 1050 до 1250 °C, потім
 - проводять чорнову прокатку зазначеного нагрітого напівфабрикату при температурі T_2 , що складає від 1000 до 880 °C, з загальним коефіцієнтом обтискання ε_a більшим 30 %, щоб отримати лист з повністю рекристалізованою аустенітною структурою з середнім розміром зерна, меншим 40 мікрметрів і переважно, меншим 5 мікрметрів, при цьому зазначений
- 15 загальний коефіцієнт обтискання ε_a визначають як $\varepsilon_a = \ln \frac{e_{ia}}{e_{fa}}$, де e_{ia} позначає товщину напівфабрикату перед зазначеною гарячою чорною прокаткою, а e_{fa} - товщину листа після зазначеної чорнової прокатки, потім,
 - зазначений лист не повністю охолоджують до температури T_3 , що складає від 600 до 400 °C в
- 20 метастабільній аустенітній області, зі швидкістю V_{R1} , що перевищує 2 °C/с, потім
 - проводять гарячу чистову прокатку зазначеного не повністю охолодженого листа при зазначеній температурі T_3 з загальним коефіцієнтом обтискання ε_b , більшим 30 %, щоб отримати лист, при цьому зазначений загальний коефіцієнт обтискання ε_b визначають як
- $\varepsilon_b = \ln \frac{e_{ib}}{e_{fb}}$, де e_{ib} позначає товщину листа перед зазначеною гарячою чистовою прокаткою і e_{fb}
- 25 - товщину листа після зазначеної чистової прокатки, потім
 - зазначений лист охолоджують зі швидкістю V_{R2} , що перевищує критичну швидкість гартування на мартенсит.
2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що сталь додатково містить, мас. %:
 $\text{Nb} \leq 0,050$,
 $0,01 \leq \text{Ti} \leq 0,1$,
 $0,0005 \leq \text{B} \leq 0,005$,
 $0,0005 \leq \text{Ca} \leq 0,005$.
- 30 3. Спосіб виготовлення деталі зі сталі з повністю мартенситною структурою, в якій середній розмір рейок мартенситу менший 1 мікрметра, при цьому середній коефіцієнт подовження рейок мартенситу складає від 2 до 5, при цьому коефіцієнт подовження рейки мартенситу з
- 35 максимальним розміром l_{\max} і з мінімальним розміром l_{\min} визначають як $\frac{l_{\max}}{l_{\min}}$, який містить
- послідовні стадії, здійснювані в нижченаведеному порядку, під час яких:
 - отримують листову заготовку зі сталі, до складу якої входять, в мас. %:
 $0,15 \leq \text{C} \leq 0,40$,
 $1,5 \leq \text{Mn} \leq 3$,
 $0,005 \leq \text{Si} \leq 2$,
 $0,005 \leq \text{Al} \leq 0,1$,
 $1,8 \leq \text{Cr} \leq 4$,
 $\text{Mo} \leq 2$,
- 40 при цьому
 $2,7 \% \leq 0,5(\text{Mn}) + (\text{Cr}) + 3(\text{Mo}) \leq 5,7 \%$,
 $\text{S} \leq 0,05 \%$,
 $\text{P} \leq 0,1 \%$,
 решту складають залізо та неминучі домішки,
- 45 - зазначену листову заготовку нагрівають до температури T_1 , що складає від A_{C3} до $A_{C3} + 250$ °C, так, щоб середній розмір аустенітного зерна був меншим 40 мікрметрів і переважно, меншим 5 мікрметрів, потім
 - зазначену листову заготовку поміщають в прес для гарячого штампування або в пристрій гарячої деформації, потім
- 50

- зазначену листову заготовку охолоджують до температури T_3 , що складає від 600 до 400 °C, зі швидкістю V_{R1} , що перевищує 2 °C/с, щоб уникнути перетворення аустеніту,
- при цьому порядок цих двох останніх етапів можна поміняти на зворотний, потім
- проводять гаряче штампування або гарячу деформацію при зазначеній температурі T_3

5 охолодженої листової заготовки на величину $\overline{\varepsilon_c}$, що перевищує 30 % принаймні в одній зоні, для отримання деталі, при цьому $\overline{\varepsilon_c}$ визначають як

$$\overline{\varepsilon_c} = \frac{2}{\sqrt{3}} \sqrt{\varepsilon_1^2 + \varepsilon_1 \varepsilon_2 + \varepsilon_2^2}, \text{ де } \varepsilon_1 \text{ і } \varepsilon_2 \text{ позначають загальні головні}$$

деформації на всіх етапах деформації при температурі T_3 , потім

10 - зазначену деталь охолоджують зі швидкістю V_{R2} , що перевищує критичну швидкість гартування на мартенсит.

4. Спосіб за п. 3, який **відрізняється** тим, що сталь додатково містить, мас. %:

Nb≤0,050,

0,01≤Ti≤0,1,

0,0005≤B≤0,005,

15 0,0005≤Ca≤0,005.

5. Спосіб за п. 3 або 4, який **відрізняється** тим, що зазначену листову заготовку піддають гарячому штампуванню для отримання деталі, потім зазначену деталь витримують усередині штампувального інструмента для її охолодження зі швидкістю V_{R2} , що перевищує критичну швидкість гартування на мартенсит.

20 6. Спосіб виготовлення сталевих деталей за будь-яким з пп. 3-5, який **відрізняється** тим, що на зазначену листову заготовку заздалегідь наносять покриття з алюмінію або зі сплаву на основі алюмінію.

7. Спосіб виготовлення сталевих деталей за будь-яким з пп. 3-5, який **відрізняється** тим, що на зазначену листову заготовку заздалегідь наносять покриття з цинку або зі сплаву на основі цинку.

25 8. Спосіб виготовлення листа зі сталі за будь-яким з пп. 1 або 2, або деталі зі сталі за будь-яким з пп. 3-7, який **відрізняється** тим, що зазначений лист або зазначену деталь піддають подальшому відпуску при температурі T_4 від 150 до 600 °C, протягом від 5 до 30 хвилин.

9. Лист зі сталі з межею пружності, більшою 1300 МПа, з межею міцності, більшою (3220(C)+958) МПа, де (C) позначає вміст вуглецю в масових відсотках зазначеної сталі, отриманий способом за п. 1 або п. 2, який має повністю мартенситну структуру з середнім розміром рейок мартенситу, меншим 1 мікрметра, при цьому середній коефіцієнт подовження рейок мартенситу складає від 2 до 5.

30 10. Деталь зі сталі, отримана способом за будь-яким з пп. 3-7, яка містить принаймні одну зону повністю мартенситної структури з середнім розміром рейок мартенситу, меншим 1 мікрметра, при цьому середній коефіцієнт подовження зазначених рейок мартенситу складає від 2 до 5, межа пружності у зазначеній принаймні одній зоні перевищує 1300 МПа, і межа міцності перевищує (3220 (C)+958) МПа, де (C) позначає вміст вуглецю в масових відсотках у зазначеній сталі.

40 11. Лист зі сталі або деталь зі сталі, отримані способом за п. 6, при цьому сталь має повністю мартенситну структуру, яка принаймні в одній зоні має середній розмір рейок мартенситу, менший 1,2 мікрметра, при цьому середній коефіцієнт подовження зазначених рейок мартенситу складає від 2 до 5.

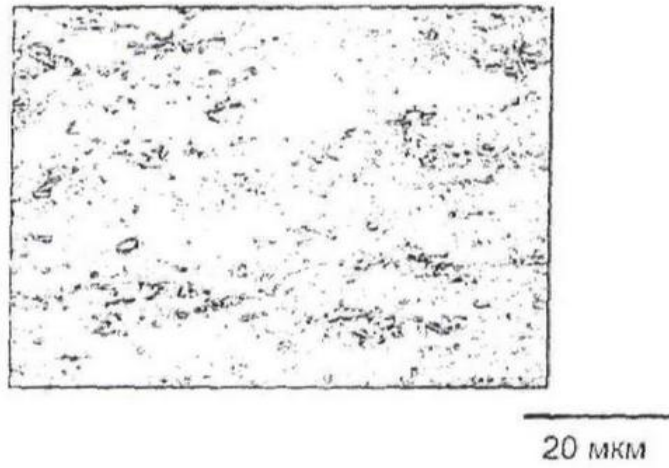


Fig.1

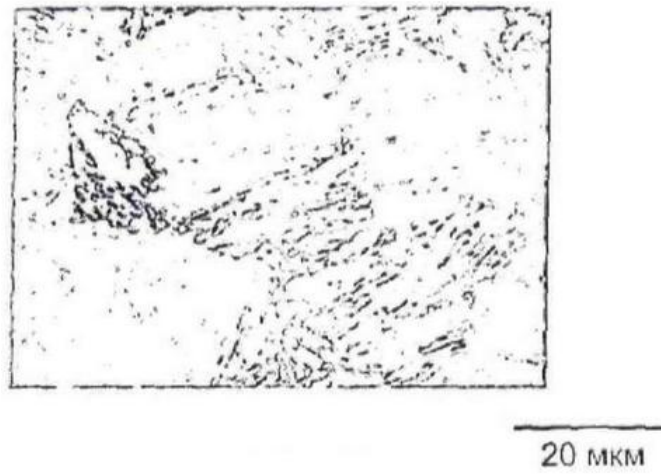


Fig.2

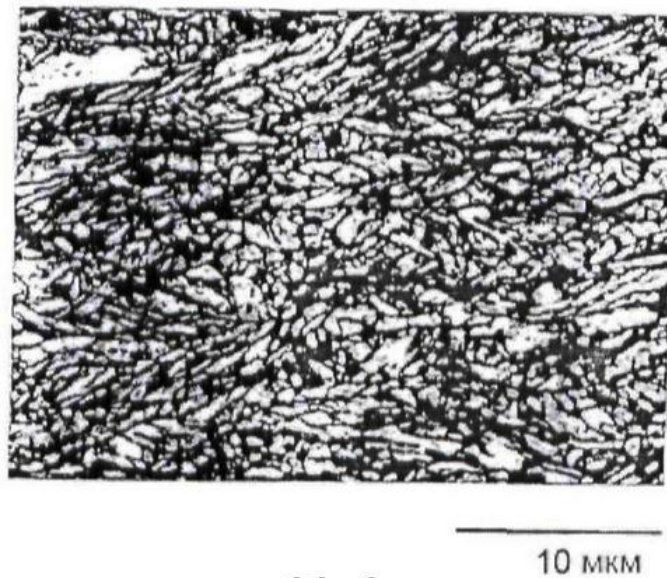


Fig.3

Комп'ютерна верстка А. Крулевський

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Василя Липківського, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601