



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **130931** (13) **C2**
(51) МПК (2026.01)**C21D 1/26** (2006.01)**C21D 6/00****C21D 8/02** (2026.01)**C22C 38/02** (2006.01)**C22C 38/04** (2006.01)**C22C 38/06** (2006.01)**C22C 38/12** (2006.01)**C22C 38/22** (2006.01)**C22C 38/38** (2006.01)**C22C 38/34** (2006.01)

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ
ДЕРЖАВНА ОРГАНІЗАЦІЯ
"УКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ОФІС ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ ТА ІННОВАЦІЙ"

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД**(21)** Номер заявки: **а 2024 00730****(22)** Дата подання заявки: **16.07.2021****(24)** Дата, з якої є чинними
права інтелектуальної
власності: **18.06.2026****(41)** Публікація відомостей
про заявку: **05.06.2024, Бюл.№ 23****(46)** Публікація відомостей
про державну
реєстрацію: **17.06.2026, Бюл.№ 24****(86)** Номер та дата
подання міжнародної
заявки, поданої
відповідно до
Договору РСТ **PCT/IB2021/056448,
16.07.2021****(72)** Винахідник(и):**Форт П'єрік (FR),
Надлер Од (FR),
Чжу Канінь (FR),
Перлад Астрід (FR),
Солер Мішель (FR),
Кегель Фредерік (FR)****(73)** Володілець (володільці):**АРСЕЛОРМІТТАЛ,
24-26, Boulevard d'Avranches, L-1160
Luxembourg, Luxembourg (LU)****(74)** Представник:**Слободянюк Оксана Олександрівна,
реєстр. №216****(56)** Перелік документів, взятих до уваги
експертизою:**US 2020032362 A1, 30.01.2020
US 2020362432 A1, 19.11.2020
US 2021115528 A1, 22.04.2021
WO 2021/123888 A1, 24.06.2021
US 2019040489 A1, 07.02.2019
UA a202003658, 10.11.2020****(54) СПОСІБ ВИГОТОВЛЕННЯ СТАЛЕВОЇ ДЕТАЛІ****(57)** Реферат:

Винахід належить до способу виготовлення сталевий деталі, який включає наступні послідовні стадії: одержання сталевий листа, який має склад, що містить, мас. %: С: 0,05-0,25, Мп: 3,5-8, Si: 0,1-2, Al: 0,01-3, S: ≤0,010, P: ≤0,020, N: ≤0,008, і необов'язково включає один або кілька з наступних елементів, у масових відсотках: Cr: 0-0,5, Мо: 0-0,25, решта складу є залізом і неминучими домішками, що утворюються в результаті плавки, і має мікроструктуру, яка включає в частках поверхні 10-50 % залишкового аустеніту, 50 % або більше суми фериту, бейніту і відпущеного мартенситу, менше 5 % свіжого мартенситу, менше 2 % карбідів і вміст вуглецю [C]_A в аустеніті строго більше 0,4 % і строго менше 0,7 %, різання зазначеного сталевий листа до заданої форми для одержання сталевий заготовки, нагрівання сталевий заготовки до температури T_{warm} від (Md30-150 °C) до (Md30-50 °C), штампування або різання і

UA 130931 C2

формування термообробленої сталевий заготовки при зазначеній температурі T_{warm} для одержання сталевий деталі.

Цей винахід відноситься до способу виготовлення сталевих деталей із сталевих листів, який має високий коефіцієнт збільшення отвору при гарячій обробці.

Відомо, що для виготовлення різних виробів, таких як частини елементів конструкції кузова і панелі кузова для автомобільних транспортних засобів, використовуються листи, виготовлені із сталей DP (двофазних) або сталей TRIP (пластичність, спричинена перетворенням).

Міцність при різанні TRIP-сталей багато в чому залежить від стабільності залишкового аустеніту. Дійсно, нестабільний аустеніт може перетворюватися при дестабілізації на мартенсит при різанні деталі, стаючи таким чином потенційним місцем виникнення пошкодження. Щоб обмежити цей ефект, сталеливарна промисловість постійно розробляє нові високоміцні сталі і способи одержання сталевих деталей з покращеними показниками плинності і границею міцності на розтяг, з придатною пластичністю і формовністю, а більш конкретно з відповідною здатністю до відборткування при розтягуванні.

У публікації WO 2017131052 описаний високоміцний сталевий лист, придатний для гарячої обробки, який має високу оброблюваність в гарячому стані і залишкову пластичність після гарячої обробки. Подовження цього відпаленого сталевих листів при температурі 150 °C перевищує 27 %. Для досягнення такої характеристики вміст вуглецю в аустеніті має контролюватись на рівні нижче 0,4 % мас., що є особливим обмеженням. Дійсно, щоб забезпечити такий низький рівень вуглецю в залишковому аустеніті, охолодження відпаленого сталевих листів необхідно контролювати і виконувати в дві стадії: перше охолодження до 500 °C із середньою швидкістю охолодження 50 °C/с, зі стадією витримування при цій температурі, наприклад, цинкування одна стадія охолодження від Ms до кімнатної температури з середньою швидкістю охолодження не менше 10 °C/с. Крім того, не надається інформація про здатність до відборткування при розтягуванні, яке є ключовою властивістю при виготовленні сталевих деталей.

Таким чином, мета винаходу полягає в тому, щоб вирішити вищезгадану проблему і запропонувати спосіб легкої обробки звичайними технологічними засобами для одержання сталевих деталей із сталі, що має високий коефіцієнт збільшення отвору, не менше 25 % під час гарячої обробки.

Мета цього винаходу досягається способом за п. 1. Спосіб також може включати характеристики з будь-якого пп. 2-9.

Надалі термін "гаряче різання" відноситься до тієї частини процесу, де сталеві заготовки нагріваються перед пробиванням або різанням. Надалі термін "кімнатна температура" відноситься до температури 20 °C.

Тепер буде описаний склад сталі винаходу, причому вміст виражається у масових відсотках.

Тут і далі Ae1 позначає рівноважну температуру перетворення, нижче за яку аустеніт повністю нестійкий, Ae3 позначає рівноважну температуру перетворення, вище якої аустеніт повністю стабільний, а Ms позначає температуру початку перетворення на мартенсит, тобто температуру, при якій аустеніт при охолодженні починає перетворюватися на мартенсит. Ці температури можна розрахувати за формулою, заснованою на масових відсотках відповідних елементів:

$$Ae1 = 670 + 15 \cdot \%Si - 13 \cdot \%Mn + 18 \cdot \%Al$$

$$Ae3 = 890 - 20 \cdot \sqrt{\%C} + 20 \cdot \%Si - 30 \cdot \%Mn + 130 \cdot \%Al$$

$$Ms = 560 - (30 \cdot \%Mn + 13 \cdot \%Si - 15 \cdot \%Al + 12 \cdot \%Mo) - 600 \cdot (1 - \exp(-0,96 \cdot \%C))$$

Згідно з винаходом, вміст вуглецю становить 0,05-0,25 %. При вмісті вуглецю вище 0,25 % кількість вуглецю в аустеніті перевищує задане значення, зводячи нанівець позитивний ефект гарячого різання. Більше того, зварюваність сталевих листів може погіршитися. Якщо вміст вуглецю нижчий за 0,05 %, фракція залишкового аустеніту є недостатньо стабілізованою для одержання відповідного подовження при кімнатній температурі. У переважному здійсненні винаходу вміст вуглецю становить 0,05-0,2 %. Більш переважно вміст вуглецю становить 0,1-0,2 %.

Вміст марганцю становить 3,5-8 % для одержання достатнього подовження при стабілізації аустеніту. При вмісті добавки більше 8 % зростає ризик осьової ліквідації через зменшення пластичності сталевих листів і сталевих деталей. При вмісті нижче 3,5 % кінцева структура включає недостатню частку залишкового аустеніту, так що відповідна пластичність не досягається. Переважно вміст марганцю становить 3,5-7 %. Більш переважно вміст марганцю становить 3,5-5 %.

Відповідно до винаходу, вміст кремнію становить 0,1-2 % для стабілізації достатньої кількості залишкового аустеніту. При вмісті понад 2 % на поверхні утворюються оксиди кремнію,

що погіршує поривність сталі. У переважному здійсненні винаходу вміст кремнію становить 0,3-1,5 %.

Згідно з винаходом, вміст алюмінію становить 0,01-3 %, оскільки алюміній є дуже ефективним елементом для розкиснення сталі в рідкій фазі під час виготовлення і збільшення вікна процесу відпалу. Вміст алюмінію можна збільшувати максимум до 3 %, щоб уникнути появи включень і проблем з окисненням.

Необов'язково до складу сталі, згідно з винаходом, можуть бути додані деякі елементи.

Необов'язково можна додати хром до 0,5 %. Вище 0,5 % відзначається ефект насичення і додавання хрому марно і дорого.

Молібден може бути необов'язково доданий у кількості до 0,25 % для підвищення ударної в'язкості. Додавання молібдену вище 0,25 % є дорогим і неефективним з урахуванням необхідних властивостей.

Решту складу сталі представляють залізо і домішки, які утворюються в результаті виплавляння. В цьому відношенні щонайменше P, S і N вважаються залишковими елементами, які є неминучими домішками. Їх вміст не перевищує 0,010 % для S, не перевищує 0,020 % для P і не перевищує 0,008 % для N.

Тепер буде описана мікроструктура сталевго листа винаходу. Сталевий лист має мікроструктуру, що складається в частках поверхні з 10-50 % залишкового аустеніту, 50 % і більше суми фериту, бейніту і мартенситу, менше 5 % свіжого мартенситу, менше 2 % карбідів, вміст вуглецю $[C]_A$ в аустеніті строго більше 0,4 % і строго менше 0,7 %, а також з масовим процентним вмістом азоту %N, кремнію %Si, марганцю %Mn, хрому %Cr, нікелю %Ni, міді %Cu, молібдену %Mo і вуглецю в аустеніті $[C]_A$ таким, що $Md30$ становить 200-350 °C, причому $Md30$ визначається як

$$Md30(^{\circ}C) = 551 - 462 * ([C]_A + \%N) - 9,2 * \%Si - 8,1 * \%Mn - 13,7 * \%Cr - 29 * (\%Ni + \%Cu) - 18,5 * (\%Mo)$$

Мікроструктура сталевго листа включає 10-50 % залишкового аустеніту, що забезпечує високу пластичність сталі при кімнатній температурі.

Вміст вуглецю в аустеніті строго перевищує 0,4 %, щоб гарантувати стабільність аустеніту, подовження більше 10 % при кімнатній температурі і гарантувати, що коефіцієнт збільшення отвору сталевго деталі може досягти заданого значення. При вмісті вуглецю вище 0,7 % аустеніт надто сильно стабілізується і гаряче різання сталевго заготовки не впливає на коефіцієнт збільшення отвору. Цей вміст вуглецю вимірюється перед гарячим різанням з допомогою рентгенофазового аналізу.

Мікроструктура сталевго листа включає не менше 50 % суми фериту, бейніту і мартенситу. Ферит утворюється при витримуванні сталевго листа.

У переважному здійсненні винаходу, в якому приготований сталевий лист являє собою холоднокатаний сталевий лист, який піддається процесу охолодження і поділу, відпущений мартенсит утворюється під час поділу холоднокатаного сталевго листа. У переважному здійсненні винаходу, в якому сталевий лист являє собою сталевий гарячекатаний лист, в якому відпущений мартенсит є самовідпущеним мартенситом, який утворюється під час охолодження гарячекатаного сталевго листа при температурі вище M_s .

Якщо сума частин фериту, бейніту і відпущеного мартенситу нижче 50 %, подовження менше 10 % при кімнатній температурі не досягається.

Мікроструктура сталевго листа містить менше 5 % свіжого мартенситу. Свіжий мартенсит при вмісті вище 5 % знижує ударну в'язкість сталевго листа. Свіжий мартенсит утворюється при охолодженні сталевго листа до кімнатної температури. Більш того, мікроструктура сталевго листа винаходу містить менше 2 % карбідів.

Масовий відсоток азоту %N, кремнію %Si, марганцю %Mn, хрому %Cr, нікелю %Ni, міді %Cu, молібдену %Mo і вуглецю в аустеніті $[C]_A$ такий, що $Md30$ становить 200-350 °C. Ця температура $Md30$ відповідає температурі, починаючи від якої 50 % залишкового аустеніту перетворюється на мартенсит після 30 % деформації.

Сталева деталь, згідно винаходу, може бути виготовлена будь-яким придатним способом виготовлення і фахівець в цій галузі може його визначити. Однак переважно використовувати спосіб згідно винаходу, який включає такі стадії:

Сталевий лист, який має вищезгаданий склад і мікроструктуру, одержують і розрізують до заданої форми, щоб одержати сталеву заготовку.

Сталеву заготовку потім нагрівають до температури T_{warm} , яка становить від ($Md30-150$ °C) до ($Md30-50$ °C), щоб одержати термооброблену сталеву заготовку, і пробивають або піддають різанню при зазначеній температурі T_{warm} перед формуванням при зазначеній температурі, щоб одержати сталеву деталь. Вище ($Md30-50$ °C) аустеніт є надто стабільним, щоб досягти покращення коефіцієнта збільшення отвору. Нижче ($Md30-150$) аустеніт дестабілізується з

перетворенням на мартенсит і стає місцем потенційного виникнення пошкоджень, що призводить до низького коефіцієнта збільшення отвору.

У переважному здійсненні винаходу сталевий лист, призначений для виготовлення сталевих деталей, виготовляють на наступних стадіях:

5 Сталевий сляб, що має описаний вище склад, піддають гарячій прокатці для одержання сталевих гарячекатаного листа. Гарячекатаний сталевий лист потім змотують в рулон при температурі T_{coil} , яка становить 200-700 °C. Після змотування лист можна протруїти для видалення продуктів окиснення. Гарячекатаний сталевий лист потім відпалюють при температурі відпалу T_{HBA} , яка становить 500-680 °C для одержання гарячекатаного і відпаленого сталевих листа. Цей відпал призводить до пом'якшення сталі і стабільності аустеніту після остаточного відпалу завдяки концентруванню вуглецю і марганцю в карбідах або в аустеніті.

10 Гарячекатаний і відпалений сталевий лист потім піддають холодній прокатці для одержання холоднокатаного сталевих листа. Ступінь обтискання при холодній прокатці переважно становить 20-80 %. Нижче 20 % не сприяє рекристалізації під час подальшої термообробки, що може погіршити пластичність сталевих листа. При перевищенні 80 % існує ризик розтріскування крайок під час холодної прокатки.

15 Холоднокатаний сталевий лист потім нагрівають до температури T_{soak} не менше 680 °C і нижче температури T_1 , причому T_1 являє собою температуру, вище якої після охолодження утворюється більше 5 % мартенситу, і витримують при зазначеній температурі витримування T_{soak} протягом часу витримування t_{soak} , який не перевищує 500 с, щоб зберегти дрібний розмір залишкового зерна аустеніту і, отже, високу міцність і пластичність.

20 Потім термооброблений сталевий лист охолоджують до кімнатної температури, щоб одержати сталевий лист з мікроструктурою, описаною вище.

25 В іншому переважному здійсненні сталевий лист, призначений для виготовлення сталевих деталей, виготовляється на наступних стадіях:

30 Сталевий сляб, що має вищеописаний склад, піддають гарячій прокатці для одержання сталевих гарячекатаного листа. Потім сталевий гарячекатаний лист змотують в рулон при температурі T_{coil} 200-700 °C. Після змотування лист можна протруїти для видалення окиснення. Гарячекатаний сталевий лист потім відпалюють при температурі відпалу T_{HBA} , яка становить 500-680 °C, з одержанням гарячекатаного і відпаленого сталевих листа. Цей відпал призводить до розм'якшення сталі і допомагає стабілізувати аустеніт під час остаточного відпалу завдяки високій концентрації вуглецю і марганцю в карбідах або в аустеніті.

35 Гарячекатаний і відпалений сталевий лист потім піддають холодній прокатці для одержання холоднокатаного сталевих листа. Ступінь обтискання при холодній прокатці переважно становить від 20 до 80 %. Нижче 20 % рекристалізація під час подальшої термообробки не сприяє, що може погіршити пластичність сталевих листа. При перевищенні 80 % існує ризик розтріскування крайок під час холодної прокатки.

40 Холоднокатаний сталевий лист потім нагрівають до температури не менше T_{soak} 780 °C і витримують при зазначеній температурі витримування T_{soak} протягом часу витримування t_{soak} менше 500 с, щоб зберегти дрібний розмір залишкового зерна аустеніту і, отже, високу пластичність.

45 Потім термооброблений сталевий лист охолоджують до температури T_Q , яка становить від 20 °C до ($M_s - 50$ °C), і нагрівають до температури поділу T_P , яка становить від 150 °C до 550 °C, і витримують при зазначеній температурі поділу T_P протягом часу поділу t_P від 1 до 1800 с. Потім термооброблений сталевий лист охолоджують до кімнатної температури, щоб одержати сталевий лист з мікроструктурою, описаною вище.

50 В іншому варіанті сталевий лист, призначений для виготовлення сталевих деталей, виготовляється на наступних послідовних етапах:

55 Сталевий сляб, що має описаний вище склад, піддають гарячій прокатці з одержанням сталевих гарячекатаного листа. Потім сталевий гарячекатаний лист змотують в рулон при температурі T_{coil} від 200 °C до 700 °C, а потім охолоджують до кімнатної температури.

60 Згідно винаходу, коефіцієнт збільшення отвору термообробленої сталі $HER_{T_{warm}}$ нагрітої до T_{warm} і коефіцієнт збільшення отвору сталі при 20 °C ($HER_{20\text{ °C}}$) такі, що $(HER_{T_{warm}} - HER_{20\text{ °C}})/HER_{20\text{ °C}}$ перевищує або дорівнює 50 %. Переважно коефіцієнт збільшення отвору термообробленої сталі $HER_{150\text{ °C}}$, нагрітої до T_{warm} 150 °C, і коефіцієнт збільшення отвору сталі $HER_{20\text{ °C}}$ при 20 °C такі, що $(HER_{150\text{ °C}} - HER_{20\text{ °C}})/HER_{20\text{ °C}}$ перевищує або дорівнює 50 %.

HER вимірюють відповідно до ISO 16630.

65 Згідно винаходу, подовження сталі EI при кімнатній температурі перевищує або дорівнює 10 %. EI вимірюють відповідно до стандарту ISO 6892-1.

У переважному здійсненні винаходу сталь має $HER_{20^{\circ}C}$ вище або рівний 10 %. В іншому варіанті здійснення винаходу термооброблена сталь має $HER_{150^{\circ}C}$ вище або рівний 25 %.

Приклади

- 5 Три марки сталі, склади яких наведені у таблиці 1, відливають у вигляді напівфабрикатів і переробляють на сталеві листи.

Випробувані склади наведені у наступній таблиці, де вміст елементів виражений у масових відсотках.

Таблиця 1

Склади

Сталь	C	Mn	Si	Al	Cr	Mo	S	P	N	Ae1 (°C)	Ae3 (°C)	Ms (°C)
A	0.11	4.78	0.46	1.58	0	0	0.001	0.014	0.003	653	955	374
B	0.18	3.8	1.2	0.3	0	0.2	0.0008	0.011	0.003	652	831	337
C	0.37	1.93	1.95	0.041	0.33	0.098	0.0019	0.01	0.0029	679	864	297

- 10 Сталі A і B відповідають винаходу, сталь C не відповідає винаходу.

- 15 Сталеві напівфабрикати після виливки повторно нагрівають при $1200^{\circ}C$, піддають гарячій прокатці і потім змотують рулони при $450^{\circ}C$. Потім сталеві гарячекатані листи нагрівають до температури T_{HBA} , яка становить $500-680^{\circ}C$, і витримують при зазначеній температурі протягом часу витримання t_{HBA} . Потім гарячекатаний і термооброблений сталевий лист піддають холодній прокатці зі ступенем обтискання 50 %, перед нагріванням до температури витримання T_{soak} і витримують при зазначеній температурі протягом часу витримання t_{soak} . У випробуваннях 3 і 4 термооброблені сталеві листи загартовують при температурі $MS-50^{\circ}C$, перед нагріванням до температури розподілу T_P і витримують при зазначеній температурі T_P протягом часу витримання t_P .

- 20 Потім сталеві листи охолоджують до кімнатної температури. Для одержання термооброблених сталевих листів застосовують такі особливі умови:

Таблиця 2

Параметри обробки сталевих листів

Випробування	Сталь	Відпал гарячекатаного листа (HBA)		Витримання		Температура загартування (°C)	Поділ	
		$T_{HBA}(^{\circ}C)$	$T_{HBA}(год.)$	$T_{soak}(^{\circ}C)$	$t_{soak}(c)$		$T_P(^{\circ}C)$	$t_P(c)$
1	A	600	15	737	210	-	-	-
2	A	600	15	725	213	-	-	-
3	B	620	15	830	170	175	450	90
4	C	650	8	870	120	230	410	280
5	A	600	15	770	200	-	-	-

- 25 Підкреслені значення: параметри, які дозволяють одержати цільові властивості. Сталеві листи аналізують, і відповідна мікроструктура представлена в таблиці 3.

Таблиця 3

Мікроструктура сталевих листів
Визначена мікроструктура сталевих листів:

Випробування	Залишковий аустеніт (%)	Ферит + Відпущений мартенсит + бейніт (%)	Свіжий мартенсит (%)	Карбіди (%)	[C] _a (% мас.)	Md ₃₀ (°C)
1	25,5	72,5	2	0	0,43	285
2	23	76	0	1	0,47	256
3	14	85	0	1	0,60	225
4	17,9	80,6	1	0,50	0,89	99
5	11	60	29	0	0,29	352

Підкреслені значення: не відповідають винаходу

[C]_A відповідає кількості вуглецю в аустеніті, у масових відсотках. Його вимірюють з допомогою рентгенофазового аналізу.

Частки поверхні фаз у мікроструктурі визначають таким методом: із сталевих листів вирізають зразок, полірують і протравлюють відомим реагентом для проявлення мікроструктури. Потім зріз досліджують з допомогою сканувального електронного мікроскопа, наприклад, з допомогою електронного сканувального мікроскопа з польовою емісійною гарматою ("FEG-SEM") при збільшенні більше 5000^x в режимі вторинних електронів.

Визначення частки поверхні фериту здійснюється завдяки результатам вивчення СЕМ після травлення реагентом Нітал або Пікрал/Нітал.

Визначення об'ємної частки залишкового аустеніту провадиться методом рентгенофазового аналізу. Визначення типу мартенситу можна виконати і кількісно оцінити з допомогою електронного сканувального мікроскопа.

Відсотковий вміст карбідів визначається з допомогою дослідження частини листа з допомогою електронного сканувального мікроскопа з польовою емісійною гарматою ("FEG-SEM") і аналізу зображення при збільшенні більше 15000^x.

Потім сталеві листи розрізають для одержання сталевих заготовок. Сталеві заготовки досліджують при кімнатній температурі (20 °C) і відповідні механічні властивості наведені в таблиці 4.

Потім сталеві заготовки повторно нагрівають до температури T_{warm} 150 °C перед пробиванням або різанням при температурі T_{warm}. Досліджують термооброблені сталеві заготовки, відповідні механічні властивості наведені в таблиці 4.

Таблиця 4

Механічні властивості сталевих заготовок

Випробування	(HER _{Twarm} =HER _{20 °C})/HER _{20 °C} при T _{warm} =150 °C	Властивості при кімнатній температурі (20 °C)		Властивості при T _{warm} =150 °C
		E1 (%)	HER _{20 °C} (%)	HER _{150 °C} (%)
1	77 %	14,6	15,8	28,02
2	84 %	19	22,9	42,1
3	58 %	13,3	26,7	42,1
4	3 %	18,4	22,1	22,8
5	н.в.	9,1	11	н.в.

Підкреслені значення: не відповідають винаходу

н.в.: значення не визначалося

У випробуваннях 1-3 склади і умови виготовлення відповідають винаходу. Таким чином досягаються шукані властивості. Ефект гарячого різання сталевих заготовок особливо проявляється у збільшенні коефіцієнта збільшення отвору HER_{150 °C} при 150 °C порівняно з HER_{20 °C} коефіцієнт збільшення отвору при кімнатній температурі.

У випробуванні 4 вміст вуглецю в сталевому листі занадто великий, що призводить до високого вмісту вуглецю в аустеніті. Це означає, що аустеніт стабілізується, усуваючи вплив гарячого різання на коефіцієнт збільшення отвору.

У випробуванні 5 відпалюють сталь при більш високій температурі порівняно з випробуваннями 1 і 2. Таким чином, утворюється велика кількість аустеніту з низьким вмістом вуглецю всередині і тому він менш стабільний, ніж у випробуваннях 1 і 2. Таким чином, цей аустеніт перетворюється на свіжий мартенсит при охолодженні і гарячому різанні. Така кількість свіжого мартенситу призводить до подовження сталевих деталей за кімнатної температури менше 10 %.

ФОРМУЛА ВІНАХОДУ

40

1. Спосіб виготовлення сталевих деталей, який включає такі послідовні стадії, на яких: забезпечують сталевий лист, який має склад, що містить, у масових відсотках:

C 0,05-0,25

Mn 3,5-8

Si 0,1-2

Al	0,01-3
S	≤0,010
P	≤0,020
N	≤0,008,

решта складу є залізом і немінучими домішками, які утворюються в результаті плавки, і має мікроструктуру, яка включає в частках поверхні, %:

залишковий аустеніт - 10-50,

сума фериту, бейніту і відпущеного мартенситу - не менше 50,

5 свіжий мартенсит - менше 5,

карбіди - менше 2,

вміст вуглецю $[C]_A$ в аустеніті - строго більше 0,4 мас. % і строго менше 0,7 мас. %, масові відсотки азоту N, кремнію Si, марганцю Mn, хрому Cr, нікелю Ni, міді Cu, молібдену Mo і

10 вуглецю в аустеніті $[C]_A$, такі, що Md30 знаходиться в діапазоні 200-350 °C, причому Md30 визначається як:

$Md30(^{\circ}C) = 551 - 462 \cdot ([C]_A + \%N) - 9,2 \cdot \%Si - 8,1 \cdot \%Mn - 13,7 \cdot \%Cr - 29 \cdot (\%Ni + \%Cu) - 18,5 \cdot (\%Mo)$;

ріжуть зазначений сталевий лист до заданої форми для одержання сталеві заготовки,

нагрівають сталеву заготовку до температури T_{warm} , яка становить від (Md30-150 °C) до (Md30-50 °C) для одержання термообробленої сталеві заготовки,

15 штампують або ріжуть термооброблену сталеву заготовку при зазначеній температурі T_{warm} ,

формують термооброблену сталеву заготовку при зазначеній температурі T_{warm} для одержання сталеві деталі.

2. Спосіб за п. 1, за яким склад сталеві листа також містить один або декілька з наступних елементів, у масових відсотках:

Cr до 0,5

Mo до 0,25.

20 3. Спосіб за п. 1 або 2, за яким сталевий лист забезпечують за допомогою наступних послідовних стадій, на яких:

здійснюють гарячу прокатку сталеві сляба зі складом, що включає, у масових відсотках:

C 0,05-0,25

Mn 3,5-8

Si 0,1-2

Al 0,01-3

S ≤0,010

P ≤0,020

N ≤0,008,

і, необов'язково, включає один або декілька з наступних елементів, у масових відсотках:

Cr 0,5

Mo 0,25,

для одержання гарячекатаного сталеві листа,

25 змотують гарячекатаний сталевий лист в рулон при температурі змотування T_{coil} 200-700 °C,

відпалюють гарячекатаний сталевий лист при температурі відпалу T_{HBA} 500-680 °C для одержання гарячекатаного і відпаленого сталеві листа,

здійснюють холодну прокатку гарячекатаного і відпаленого сталеві листа для одержання холоднокатаного сталеві листа,

30 нагрівають холоднокатаний сталевий лист до температури T_{soak} , яка вища або дорівнює 680 °C і

нижча температури T_1 , причому T_1 представляє температуру, вище якої після охолодження утворюється більше 5 % мартенситу, і витримують сталевий холоднокатаний лист при

зазначеній температурі витримування T_{soak} протягом часу витримування t_{soak} менше 50 с, для одержання термообробленого сталеві листа,

35 охолоджують термооброблений сталевий лист до кімнатної температури.

4. Спосіб за п. 1 або 2, за яким сталевий лист забезпечують за допомогою наступних послідовних стадій, на яких:

здійснюють гарячу прокатку сталеві сляба зі складом, що включає, у масових відсотках:

C 0,05-0,25

Mn 3,5-8

Si 0,1-2

Al 0,01-3

S ≤0,010

P ≤0,020

N ≤0,008,

і, необов'язково, включає один або декілька з наступних елементів, у масових відсотках:

Cr до 0,5

Mo до 0,25,

для одержання гарячекатаного сталевих листа,

змотують гарячекатаний сталевий лист в рулон при температурі намотування T_{coil} в діапазоні 200-700 °C,

- 5 відпалюють гарячекатаний сталевий лист при температурі відпалу T_{HBA} 500-680 °C для одержання гарячекатаного і відпаленого сталевих листа, здійснюють холодну прокатку гарячекатаного і відпаленого сталевих листа для одержання холоднокатаного сталевих листа,

нагрівають холоднокатаний сталевий лист до температури T_{soak} , яка вища або дорівнює 780 °C,

- 10 і витримують холоднокатаний сталевий лист при зазначеній температурі витримування T_{soak} протягом часу витримування t_{soak} , який не перевищує 500 с, для одержання термообробленого сталевих листа,

охладжують термооброблений сталевий лист до температури T_Q , яка становить від 20 °C до ($M_s - 50$ °C), і нагрівають термооброблений сталевий лист до температури поділу T_P , яка становить 150-550 °C, і витримують сталевий лист при зазначеній температурі поділу T_P

- 15 протягом часу поділу t_P , який становить 1-1800 с, охолоджують термооброблений сталевий лист до кімнатної температури.

5. Спосіб за п. 1 або 2, за яким сталевий лист забезпечують за допомогою наступних послідовних стадій, на яких:

- 20 здійснюють гарячу прокатку сталевих слябів зі складом, що включає, в масових відсотках:

C 0,05-0,25

Mn 3,5-8

Si 0,1-2

Al 0,01-3

S $\leq 0,010$

P $\leq 0,020$

N $\leq 0,008$,

і, необов'язково, включає один або декілька з наступних елементів, у масових відсотках:

Cr до 0,5

Mo до 0,25,

для одержання гарячекатаного сталевих листа,

змотують гарячекатаний сталевий лист в рулон при температурі змотування T_{coil} 200-700 °C,

охладжують сталевий гарячекатаний лист до кімнатної температури.

- 25 6. Спосіб за п. 1 або 2, за яким температура T_{warm} становить 50-250 °C.

7. Спосіб за будь-яким з пп. 1-6, за яким коефіцієнт збільшення отвору термообробленої сталі $HER_{T_{warm}}$ при T_{warm} і коефіцієнт збільшення отвору сталі при 20 °C $HER_{20\text{ °C}}$ є такими, що:
 $(HER_{T_{warm}} - HER_{20\text{ °C}}) / HER_{20\text{ °C}} \geq 50\%$.

8. Спосіб за будь-яким з пп. 1-7, за яким подовження EI сталі при 20 °C вище або дорівнює 10 %.

- 30 9. Спосіб за будь-яким з пп. 1-8, за яким $HER_{20\text{ °C}}$ сталі вище або дорівнює 10 %.

10. Спосіб за будь-яким з пп. 1-9, за яким $HER_{150\text{ °C}}$ термообробленої сталі вище або дорівнює 25 %.