



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **128547** (13) **C2**
(51) МПК (2024.01)

C22C 38/00
C22C 38/02 (2006.01)
C22C 38/04 (2006.01)
C22C 38/06 (2006.01)
C22C 38/12 (2006.01)
C22C 38/14 (2006.01)
C21D 6/00
C21D 8/02 (2006.01)
C21D 9/46 (2006.01)

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

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

<p>(21) Номер заявки: а 2022 02491</p> <p>(22) Дата подання заявки: 16.12.2020</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: 08.08.2024</p> <p>(31) Номер попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції: PCT/IB2019/061092</p> <p>(32) Дата подання попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції: 19.12.2019</p> <p>(33) Код держави-учасниці Паризької конвенції, до якої подано попередню заявку: ІВ</p> <p>(41) Публікація відомостей про заявку: 17.08.2022, Бюл.№ 33</p> <p>(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: 07.08.2024, Бюл.№ 32</p> <p>(86) Номер та дата подання міжнародної заявки, поданої відповідно до Договору РСТ: PCT/IB2020/062004, 16.12.2020</p>	<p>(72) Винахідник(и): Перлад Астрід (FR), Жу Кангін (FR), Юнг Коралі (FR), Кегель Фредерік (FR)</p> <p>(73) Володілець (володільці): АРСЕЛОРМІТТАЛ, 24-26, Boulevard d'Avranches, 1160 Luxembourg, Luxembourg (LU)</p> <p>(74) Представник: Слободянюк Оксана Олександрівна, реєстр. №216</p> <p>(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: US 2005/199322 A1, 15.09.2005 JP 2005/290547 A, 20.10.2005 EP 2631307 A1, 28.08.2013 EP 2752500 A1, 09.07.2014 UA 92075 C2, 27.09.2010</p>
---	--

(54) ВИСОКОМІЦНИЙ ГАРЯЧЕКАТАНИЙ І ВІДПАЛЕНИЙ СТАЛЕВИЙ ЛИСТ І СПОСІБ ЙОГО ВИГОТОВЛЕННЯ

(57) Реферат:

Винахід належить до гарячекатаного і відпаленого сталевих листа, склад якого містить, мас. %: С: 0,1-0,25, Мп: 3,00-5,00, Si: 0,80-1,60, В: 0,0003-0,004, S \leq 0,010, P \leq 0,020, N \leq 0,008, решта являє собою залізо і немінучі домішки, які утворюються в результаті плавки, і який має мікроструктуру, що складається в частках поверхні: більше 20 % рекристалізованого фериту, решта - нерекристалізований ферит, причому більше 15 % зазначеного рекристалізованого фериту має розмір зерна більше 5 мкм, а щільністю карбідів на границі зерна рекристалізованого фериту становить менше 5 карбідів на 10 мкм довжини межі зерна.

UA 128547 C2

Цей винахід відноситься до високоміцного сталевго листа, який має високу в'язкість і низьку твердість, і способу одержання такого сталевго листа.

Відомо, що для виготовлення різних виробів, таких як-от елементи конструкції кузова і панелі кузова автомобілів, використовують листи, виготовлені із сталей DP (двофазна) або сталей TRIP (пластичність, спричинена трансформацією).

Одним з основних завдань в автомобільній промисловості є зниження ваги транспортних засобів з метою підвищення їхньої паливної економічності з урахуванням глобального збереження довкілля, не нехтуючи при цьому вимогами безпеки. Щоб задовольнити ці вимоги, в сталеливарній промисловості постійно розробляються нові високоміцні сталі, щоб мати листи з покращеною деформовністю і границею міцності на розтяг, а також із підходящою пластичністю і формовністю.

Однією з розробок, спрямованих на покращення механічних властивостей, є збільшення вмісту марганцю в сталях. Присутність марганцю сприяє підвищенню пластичності сталей завдяки стабілізації аустеніту. Але ці сталі мають недоліки у вигляді крихкості. Щоб вирішити цю проблему, додають такі елементи, як бор. Такі хімічні речовини, які містять бор, дуже міцні на стадії гарячої прокатки, але гарячекатана смуга занадто тверда для подальшої обробки. Найбільш ефективним способом розм'якшення гарячекатаної смуги є відпал в камерній печі, але він призводить до втрати в'язкості.

Наприклад, в документі US 20050199322 описаний гарячекатаний сталевий лист з високим вмістом вуглецю, який володіє чудовою пластичністю і здатністю до деформовності з витяжкою фланця, при цьому гарячекатаний сталевий лист піддається відпалу для зменшення твердості сталевго листа.

Таким чином, на відомому рівні техніки існує невирішена проблема одержання сталевго гарячекатаного листа, який має високу в'язкість і низьку твердість, сумісну з подальшим процесом.

Завдання винаходу полягає в тому, щоб вирішити вищевказану проблему і запропонувати сталевий лист, який має поєднання рівня твердості нижче 300 HV і високої ударної в'язкості за Шарпі при 20 °C вище 0,40 Дж/мм².

Вирішення задачі цього винаходу досягається пропозицією сталевго листа за п. 1. Сталевий лист може мати характеристики, зазначені в будь-якому з пп. 2-7. Метою винаходу також є створення сталі за п. 8.

Тепер винахід буде докладно описаний і проілюстрований необмежувальними прикладами.

Тут і далі M_s означає температуру початку формування мартенситу, тобто, температуру, при якій аустеніт починає перетворюватися на мартенсит при охолодженні. Ці температури можна розрахувати за такою формулою:

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

Далі буде описаний склад сталі згідно з винаходом, вміст компонентів в якому виражений у масових відсотках.

Згідно з винаходом, вміст вуглецю становить 0,1-0,25 %. При вмісті вуглецю вище 0,25 % зварюваність сталевго листа може бути знижена. Якщо вміст вуглецю нижче 0,1 %, аустенітна фракція недостатньо стабілізується для одержання після відпалу необхідної мікроструктури. У переважному здійсненні винаходу вміст вуглецю становить 0,15-0,20 %.

Вміст марганцю становить 3,00-5,00 %. При додаванні вище 5,00 % зростає ризик осьової ліквіації за рахунок погіршення в'язкості. Мінімум визначається для стабілізації аустеніту для одержання після відпалу заданої мікроструктури. Переважно вміст марганцю становить 3,50-5,00 %. У переважному здійсненні винаходу вміст марганцю становить 3,50-4,50 %.

Згідно з винаходом, вміст кремнію становить 0,80-1,60 %. Вміст кремнію вище 1,60 % погіршує в'язкість. Крім того, на поверхні утворюються оксиди кремнію, що погіршує здатність сталі до нанесення покриття. Додавання кремнію у кількості, щонайменше, 0,80 % допомагає стабілізувати достатню кількість аустеніту для одержання після відпалу мікроструктури відповідної винаходу. У переважному здійсненні вміст кремнію становить 1,00-1,60 %.

Відповідно до винаходу, вміст бору становить 0,0003-0,004 %. Присутність бору затримує бейнітне перетворення до нижчої температури, а бейніт, який утворюється при низькій температурі, має рейкову морфологію, яка збільшує в'язкість. Вміст вище 0,004 % сприяє утворенню борокарбідів на границях колишніх аустенітних зерен, що робить сталь більш крихкою. При вмісті нижче 0,0003 % концентрації вільного В, який виділяється на границі колишніх аустенітних зерен, недостатньо для підвищення в'язкості сталі. У переважному здійсненні винаходу вміст бору становить 0,001-0,003 %.

До складу сталі згідно винаходу, необов'язково, можуть бути додані деякі елементи.

Титан може бути доданий до 0,04 % для дисперсійного зміцнення. Переважно на додаток до

бору додають мінімум 0,01 % титану для захисту від утворення BN.

Необов'язково може бути доданий ніобій у кількості до 0,05 % для подрібнення аустенітних зерен під час гарячої прокатки і забезпечення дисперсійного зміцнення. Переважно мінімальна кількість доданого ніобію становить 0,0010 %.

5 Необов'язково може бути доданий молібден до 0,3 % для зменшення сегрегації фосфору. Додавання молібдену вище 0,3 % є дорогим і неефективним з точки зору необхідних властивостей.

Алюміній є дуже ефективним елементом для розкиснення сталі в рідкій фазі під час обробки. Вміст алюмінію може бути доведений максимум до 0,90 %, щоб уникнути появи включень і уникнути проблем із окисненням.

10 Допускається максимум 0,80 % вмісту хрому, вище відзначається ефект насичення, тому додавання хрому і марне, і дороге.

Решту складу сталі становлять залізо і домішки, які утворилися в результаті плавки. У цьому відношенні P, S і N вважаються, щонайменше, залишковими елементами, які є неминучими домішками. Їх вміст становить менше 0,010 % для S, менше 0,020 % для P і менше 0,008 % для N. Зокрема, фосфор виділяється на границях зерен, а при вмісті фосфору вище 0,020 % знижується в'язкість сталі.

Тепер буде описана мікроструктура гарячекатаного і відпаленого сталевого листа згідно винаходу.

20 Гарячекатаний і відпалений сталевий лист має мікроструктуру, яка складається в частках поверхні, з понад 20 % рекристалізованого фериту, решту становить нерекристалізований ферит (включаючи 0 %), не менше 15 % зазначеного рекристалізованого фериту, який має розмір зерна більше 5 мкм зерен рекристалізованого фериту яка менше або дорівнює 5 карбідів на 10 мкм довжини границі зерен.

25 Рекристалізований ферит відповідає зернам фериту, які рекристалізовані під час відпалу в зоні гарячих станів. Під час гарячої прокатки аустенітні зерна подовжуються і набувають так званої млинцевої форми. Гаряча прокатка породжує дислокації, які запасують енергію. Під час відпалу така накопичена енергія є рушійною силою утворення зерен фериту з дуже низькою щільністю дислокацій всередині зерна. У міру рекристалізації твердість сталі знижується. При частці рекристалізованого фериту нижче 20 % цільові властивості не досягаються. У переважному здійсненні винаходу зазначена частка рекристалізованого фериту становить 40-60 %. В іншому переважному здійсненні винаходу частка зазначеного рекристалізованого фериту становить 80-100 %. 15 % або більше рекристалізованого фериту мають розмір зерна більше 5 мкм, що дозволяє досягти низького рівня твердості.

35 Рекристалізований ферит можна відрізнити від нерекристалізованого фериту завдяки його рівновісній морфології. Рекристалізований ферит, який спостерігається в режимі BSE (розсіяних назад електронів) в SEM (сканувальний електронний мікроскоп), має однорідний контраст через низьку щільності дислокацій.

40 Решту мікроструктури становить нерекристалізований ферит, який становить від 0 % (включно) до 80 %. Частина бейніту і мартенситу, яка не може бути рекристалізована при відпалі в зоні гарячих станів, є частиною нерекристалізованого фериту.

Щільність карбідів на границі зерен рекристалізованого фериту менша або дорівнює 5 карбідам на 10 мкм довжини границі зерен для підвищення в'язкості сталі.

45 Гарячекатаний і відпалений сталевий лист відповідно до винаходу має ударну в'язкість за Шарпі E при 20 °C вище 0,40 Дж/мм², виміряну відповідно до стандартів ISO 148-1:2006 (F) і ISO 148-1:2017(F).

Гарячекатаний і відпалений сталевий лист згідно винаходу, має твердість за Віккерсом нижче 300HV.

50 Гарячекатаний і відпалений сталевий лист відповідно з винаходом може бути виготовлений будь-яким відповідним способом виготовлення, і фахівець в цій галузі техніки може його визначити. Однак переважно використовувати спосіб згідно винаходу, який включає такі стадії:

Напівфабрикат, придатний для гарячої прокатки, має склад сталі, описаний вище. Напівфабрикат нагрівають до температури 1150-1300 °C щоб полегшити гарячу прокатку, при цьому кінцева температура FRT гарячої прокатки залежить від хімічного складу сталі.

55 Для одержання цільових властивостей фахівець повинен вибрати температуру FRT чистової прокатки, яка сприятиме рекристалізації матриці після відпалу в зоні гарячих станів. За межами певного значення FRT, яке безпосередньо залежить від хімічного складу сталі, накопиченої енергії вже недостатньо для рекристалізації фериту після відпалу в зоні гарячих станів. Переважно, FRT становить 750-1000 °C. Більш переважно, FRT становить 800-950 °C.

60 Потім гарячекатану сталь охолоджують і змотують у рулон при температурі T_{coil} 20-550 °C.

Переважно, температура T_{coil} становить від (Ms-100 °C) до 550 °C. Після змотування лист може бути протруєний для видалення продуктів окиснення.

Змотаний в рулон сталевий лист потім відпалюють при температурі відпалу T_a , яка нижче за A_{c1} . Сталевий лист витримують при зазначеній температурі T_a протягом часу витримання t_a , який становить 0,1-100 год., для зниження твердості при збереженні в'язкості сталевого гарячекатаного листа вище 0,4 Дж/мм². Для одержання цільових властивостей фахівець повинен вибрати T_a , яка сприяє рекристалізації фериту. Відпал при надто низькій температурі обмежує рекристалізацію фериту і сприяє утворенню карбідів на границях зерен, знижуючи в'язкість сталевого листа. Переважно, T_a становить від 500 °C до A_{c1} .

Після відпалу в зоні гарячих станів щільність карбідів на границі зерен становить менше 5 карбідів на 10 мкм довжини границі зерна, що підвищує в'язкість сталі. Потім гарячекатаний і відпалений сталевий лист охолоджують до кімнатної температури.

Гарячекатаний і відпалений сталевий лист має відповідні властивості в'язкості і твердості, що уможлиблює подальшу обробку. Наприклад, гарячекатаний і відпалений сталевий лист може бути підданий холодній прокатці для одержання холоднокатаного сталевого листа, товщина якого може становити, наприклад, 0,7-3 мм або навіть переважно 0,8-2 мм. Ступінь обтискання при холодній прокатці переважно становить 20-80 %.

Тепер винахід буде проілюстрований такими прикладами, які аж ніяк не обмежують обсяг його вимог.

20 Приклад 1

3 зразки сталі, склади яких наведені в таблиці 1, відливають у напівфабрикати і переробляють на сталеві листи відповідно до технологічних параметрів, наведених в таблиці 2.

Таблиця 1

Склади

Випробовувані склади представлені в наступній таблиці, в якій вміст елементів виражений у масових відсотках

Сталь	C	Mn	Si	B	S	P	N	Ti	Mo	Al	A_{c1} (°C)	Ms (°C)
A	0,18	3,94	1,29	0,0022	0,002	0,01	0,002	0,023	0,19	0,03	640	328
B	0,18	3,85	1,27	0,0024	0,002	0,01	0,003	0,026	0,21	0,6	655	339
C	0,18	3,96	1,48	0,0022	0,002	0,01	0,002	0,024	0,19	0,03	640	325

25 Сталі А-С відповідні винаходу.

Температура A_{c1} була визначена з допомогою дилатометричного і металографічного аналізів.

Таблиця 2

Параметри процесу

Відлиті сталеві напівфабрикати повторно нагрівають до 1200 °C протягом 1800, піддають гарячій прокатці, а потім змотують в рулон перед відпалом в зоні гарячих станів. Застосовують такі особливі умови:

Зразок	Сталь	FRT (°C)	T_{coil} (°C)	Відпал	
				T_a (°C)	t_a (год.)
1	A	950	450	620	23
2	A	900	450	620	23
3	A	850	450	620	23
4	A	800	450	620	23
5	B	950	450	620	23
6	B	900	450	620	23
7	B	850	450	620	23
8	B	800	450	620	23
9	C	950	450	620	23
10	C	900	450	620	23
11	C	850	450	620	23
12	C	800	450	620	23

Потім аналізують гарячекатані і відпалені листи, і відповідні елементи мікроструктури і механічні властивості представлені відповідно у таблицях 3 і 4.

Таблиця 3

Мікроструктура гарячекатаного і відпаленого сталевго листа
Визначені процентний вміст фаз мікроструктури одержаного гарячекатаного і відпаленого сталевго листа:

Зразок	Рекристалізований ферит(%)	Нерекристалізований ферит (%)	Щільність карбідів на границях зерен (число/10 мкм)	Рекристалізований ферит розміром >5 мкм (%)
1	20	80	5	15
2	40	60	4	30
3	95	5	2	65
4	98	2	1,5	75
<u>5</u>	<u>5</u>	95	<u>6</u>	<u>0</u>
<u>6</u>	<u>10</u>	90	5	<u>1</u>
7	98	2	2	80
8	100	0	2	80
<u>9</u>	<u>5</u>	95	<u>6</u>	<u>0</u>
<u>10</u>	<u>5</u>	95	5	<u>1</u>
<u>11</u>	25	75	5	<u>7</u>
12	80	20	4	40

5

Підкреслені значення: не відповідають винаходу

Частки поверхні визначають таким методом: з гарячекатаного прокату вирізають зразок, який відпалюють, полірують і трюють відомим із рівня техніки реагентом для виявлення мікроструктури. Потім зріз досліджують з допомогою сканувального електронного мікроскопа, наприклад, з допомогою сканувального електронного мікроскопа з польовою емісійною гарматою ("FEG-SEM") при збільшенні більш ніж 5000^x як в режимі вторинних електронів, так і в режимі зворотного розсіювання електронів.

10

Таблиця 4

Механічні властивості гарячекатаного і відпаленого сталевго листа. Механічні властивості випробуваних зразків визначені і представлені в наступній таблиці:

Зразок	Ударна в'язкість за Шарпі (Дж/мм ²)	Твердість (HV)
1	0,40	278
2	0,49	263
3	0,69	211
4	0,70	204
<u>5</u>	<u>0,34</u>	285
<u>6</u>	<u>0,30</u>	293
7	0,69	210
8	0,66	214
<u>9</u>	<u>0,31</u>	296
<u>10</u>	<u>0,28</u>	290
<u>11</u>	<u>0,30</u>	269
<u>12</u>	<u>0,44</u>	221

15

Підкреслені значення: не відповідають цільовим значенням

Для одержання цільових властивостей фахівець повинен вибрати температуру кінцевої прокатки FRT так, щоб сприяти рекристалізації матриці після відпалу.

Щоб одержати кінцевий гарячекатаний і відпалений сталевий лист з більш ніж 20 % рекристалізованого фериту, решта являє собою нерекристалізований ферит, проводять

випробування з FRT 800 °C, 850 °C, 900 °C і 950 °C перед відпалом при температурі Ta 620 °C протягом часу ta 23 год.

У разі зразків 1-4 сталь А піддають гарячій прокатці з FRT 950 °C, 900 °C, 850 °C 800 °C відповідно. Ці приклади демонструють всі цільові властивості завдяки своєму особливому складу і мікроструктурі.

У разі зразків 5-8 сталь В піддають гарячій прокатці з FRT 800 °C, 850 °C, 900 °C і 950 °C. Висока FRT для зразків 5 і 6, відповідно, 950 °C і 900 °C, призводить до вмісту рекристалізованого фериту після відпалу 5 % і 10 % нижче, ніж необхідний рівень. У разі зразків 7-8 рекристалізовано більше 98 % фериту завдяки низькому значенню FRT 850 °C і 800 °C. У випадку зразків 9-12 сталь піддають гарячій прокатці з FRT 800 °C, 850 °C, 900 °C і 950 °C. У цьому випадку FRT вище 900 °C означає, що мікроструктура відповідає винаходу. Для зразків 9-11 щільність карбідів на границі зерен вище за необхідний рівень, що призводить до низької ударної в'язкості сталі.

Приклад 2

Зразок 1, склад якого вказаний у таблиці 6, відливають у напівфабрикати і переробляють на сталеві листи відповідно до параметрів процесу, представлених у таблиці 7.

Таблиця 6

Хімічний склад

Сталь	C	Mn	Si	B	S	P	N	Ti	Nb	Mo	Al	Ac1 (°C)	Ms (°C)
D	0,19	3,86	1,27	0,0021	0,001	0,01	0,003	0,029	0,02	0,20	0,39	650	331

Сталь D відповідає винаходу

20

Таблиця 7

Параметри процесу

Відлиті сталеві напівфабрикати повторно нагрівають до 1200 °C протягом 1800 с, піддають гарячій прокатці і потім змотують в рулони перед відпалом в зоні гарячих станів. Застосовують такі конкретні умови:

Зразок	Сталь	FRT (°C)	T _{Coil} (°C)	Відпал	
				Ta (°C)	ta (h)
13	D	845	300	594	23
14	D	845	300	605	7
15	D	845	300	619	7
16	D	845	300	633	7
17	D	845	300	648	7

Потім аналізують гарячекатані і відпалені листи, і відповідні елементи мікроструктури і механічні властивості представлені відповідно у таблицях 8 і 9.

Таблиця 8

Мікроструктура гарячекатаного і відпаленого сталевих листа

Визначені процентний вміст фаз мікроструктури одержаного гарячекатаного і відпаленого сталевих листа:

Зразок	Рекристалізований ферит(%)	Нерекристалізований ферит(%)	Щільність карбідів на границях зерен (число 10 мкм)	Рекристалізований ферит розміром >5 мкм (%)
13	5	95	10	0
14	30	70	6	7
15	45	55	3	40
16	55	45	2	48
17	60	40	1,5	50

25

Підкреслені значення: не відповідають винаходу

Частки поверхні визначають таким методом: з гарячекатаного прокату вирізають зразок, який відпалюють, полірують і труять відомим із рівня техніки реагентом виявлення мікроструктури. Потім зріз досліджують з допомогою сканувального електронного мікроскопа, наприклад, з допомогою сканувального електронного мікроскопа з польовою емісійною гарматою ("FEG-SEM") при збільшенні більш ніж 5000^x як в режимі вторинних електронів, так і в режимі зворотного розсіювання електронів.

Таблиця 9

Механічні властивості гарячекатаного і відпаленого сталевих листа. Механічні властивості випробуваних зразків визначені і представлені в наступній таблиці

Зразок	Ударна в'язкість за Шарпі (Дж/мм ²)	Твердість (HV)
<u>13</u>	<u>0,20</u>	<u>324</u>
<u>14</u>	<u>0,26</u>	<u>300</u>
15	0,41	271
16	0,53	235
17	0,56	223

10 Підкреслені значення: не відповідають винаходу

Випробування 13-17 виконують при FRT 845 °C і зміні температури відпалу T_a, щоб одержати кінцевий відпалений сталевий лист з більш ніж 20 % рекристалізованого фериту, решту становить нерекристалізований ферит, і щоб обмежити кількість карбідів на границі зерен.

15 Якщо T_a надто низька, як у випробуваннях 13 і 14, ферит недостатньо рекристалізований, а сталь надто тверда. Велика кількість карбідів, які утворюються на границях зерен, знижує в'язкість сталі.

ФОРМУЛА ВІНАХОДУ

20

1. Гарячекатаний і відпалений сталевий лист, виготовлений із сталі, яка має склад, який містить, мас. %:

C: 0,1-0,25,

Mn: 3,00-5,00,

25 Si: 0,80-1,60,

B: 0,0003-0,004,

S≤0,010,

P≤0,020,

N≤0,008,

30 Ti≤0,04,

Mo≤0,3,

Al≤0,90,

решта являє собою залізо і неминучі домішки, які утворюються в результаті плавки,

причому зазначений сталевий лист має мікроструктуру, яка включає в частках поверхні:

35 20 % або більше рекристалізованого фериту;

решта являє собою нерекристалізований ферит, в якому

не менше 15 % зазначеного рекристалізованого фериту має розмір зерна більше 5 мкм, а

щільність карбідів на межі зерен рекристалізованого фериту менша або дорівнює 5 карбідам на

10 мкм довжини границі зерен.

40 2. Сталевий лист за п. 1, в якому склад сталі додатково містить один або кілька таких елементів, мас. %:

Nb≤0,05,

Cr≤0,80.

3. Сталевий лист за п. 1 або 2, у якому вміст зазначеного рекристалізованого фериту становить

45 40-60 %.

4. Сталевий лист за п. 1 або 2, в якому вміст рекристалізованого фериту становить 80-100 %.

5. Сталевий лист за будь-яким з пп. 1-4, в якому вміст марганцю становить 3,50-4,50 %.

6. Сталевий лист за будь-яким з пп. 1-5, в якому вміст кремнію становить 1,00-1,60 %.

7. Сталевий лист за будь-яким з пп. 1-6, в якому гарячекатаний і відпалений сталевий лист має

ударну в'язкість за Шарпі при 20 °С вище 0,40 Дж/мм², виміряну відповідно до стандартів ISO 148-1:2006 (F) і ISO 148-1:2017 (F).

8. Сталевий лист за будь-яким з пп. 1-7, в якому гарячекатаний і відпалений сталевий лист має твердість нижче 300 HV.

5 9. Холоднокатаний сталевий лист, одержаний в результаті холодної прокатки гарячекатаного і відпаленого сталевих листа за будь-яким з пп. 1-8.