



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 87943

(13) C2

(51) МПК (2009)

C21D 8/02

C21D 8/12

H01F 1/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) ГАРЯЧЕКАТАНА СТАЛЬНА СТРІЧКА ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ЛИСТА З ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНОЇ СТАЛІ

1

2

(21) а200808743

(22) 26.01.2006

(24) 25.08.2009

(86) PCT/IT2006/000045, 26.01.2006

(46) 25.08.2009, Бюл.№ 16, 2009 р.

(72) АРВЕДІ ДЖОВАННІ, ІТ

(73) АРВЕДІ ДЖОВАННІ, ІТ

(56) JP, 11092864, A, 06.04.1999

JP, 2000273577, A, 03.10.2000

WO, 2004026497, A, 01.04.2004

(57) 1. Гарячекатана стальна стрічка для виробництва листа з електротехнічної сталі, яка має товщину між 0,65 і 1,5 мм і дрібнозернисту структуру, яка **відрізняється** тим, що має наступний склад, мас. %: C  $\leq$  0,06, Mn – 0,10-0,20, Si < 0,03, P  $\leq$  0,010, S  $\leq$  0,005, Cr  $\leq$  0,10, Ni  $\leq$  0,12, Mo  $\leq$  0,03, Al – 0,030-0,050, решта – Fe і неминучі забруднюючі домішки, має рівень паралельності  $\leq$  0,02 мм і 70 % феритних зерен, які мають розміри, що відповідають 9-12 класам за стандартом ASTM E 112, причому ці характеристики одержані без будь-яких додаткових операцій відпалювання і холодної прокатки.

2. Гарячекатана стальна стрічка за п. 1, яка **відрізняється** тим, що принаймні 80 % вказаних феритних зерен має розмір менше, ніж по класу 9 зазначеного стандарту.

3. Гарячекатана стальна стрічка за п. 1 або 2, яка **відрізняється** тим, що має товщину між 0,65 і 1 мм з допусками  $\pm$  0,05 мм.

4. Гарячекатана стальна стрічка за п. 1 або 2, яка **відрізняється** тим, що має рівень паралельності < 0,01 мм.

5. Гарячекатана стальна стрічка за будь-яким з попередніх пунктів, яка **відрізняється** тим, що крім того має шорсткість  $\geq$  1,3 мкм.

6. Гарячекатана стальна стрічка за п. 4 або 5, яка **відрізняється** тим, що має фактор пакування (P/P')  $\geq$  0,90.

7. Гарячекатана стальна стрічка за п. 1 або 2, яка **відрізняється** тим, що після травлення і пропускання крізь пристрій для зняття поверхневого шару має величину твердості HRB 55-70 або HV 110-140.

Винахід стосується стрічки з низьковуглецевої гарячекатаної сталі, яка має такі характеристики, що вона може замінити при виробництві різних ламінованих пакетів, таких як статори і ротори електричних моторів, холоднокатані стрічки, які у теперішній час застосовують для цього.

Наприклад, у міжнародній публікації WO2004/013365 і патенті EP1411138 описані магнітні стрічки з неорієнтованими зернами, які мають спеціальні хіміко-технічні характеристики. Ці стрічки після холодної прокатки і відпалювання стають прийнятними для використання при виробництві, після нарізання, ламінованих пакетів, таких як статори і ротори електричних моторів.

Відомо, що холодна прокатка включає цикл операцій, який є достатньо обтяжливим, так як потребує коштів і часу. Ці відомі стрічки додатково характеризуються відносно високим вмістом силі-

цію і структурою з недостатньою дрібністю зерен. Відомо, що стальні стрічки, які взагалі використовують в техніці для вище згаданого використання мають вміст силіцію > 0.5% і структуру з феритними зернами не достатньої дрібності, які звичайно нижче, ніж 7 клас по стандарту ASTM, для забезпечення підвищеної магнітної проникності.

Метою винаходу є створення гарячекатаної стрічки з низьковуглецевої сталі, яка має зменшений вміст силіцію і товщину між 0,65 і 1,5мм і яка без наступної холодної прокатки або додаткової обробки для покращення металургійних і геометричних характеристик, а також площинності і твердості, може мати такі самі характеристики особливо, але не вичерпно, прийнятні для виробництва тонких листів, з яких після нарізання можна формувати багат шарові пакети, прийнятні для вище згаданого застосування.

(13) C2

(11) 87943

(19) UA

Стрічку за винаходом переважно, але не вичерпно, виготовляють на лінійній системі прокатки типу "тонкого слябу", описаній у міжнародній публікації WO2004/026497 на ім'я заявника даного винаходу, яка схематично показана на Фіг.5. При цьому матеріал стрічки характеризується складом, наведеним у п.1 формули винаходу, який має низький вміст силіцію (нижче 0,03%), і структурна дрібнозернистість якого є кращою, ніж по 9 класу за стандартом ASTM E 112, при товщині між 0,65 і 1,5мм, рівні паралельності < 0,02 і шорсткості  $\geq 1,3\text{мкм}$ .

Середня товщина переважно складає 0,65 - 1,0мм з допуском точності  $\pm 0,05\text{мм}$ , при цьому паралельність, тобто відхилення товщини від одного краю до іншого або відносно величини, вимірної у центральній зоні, середині між двома боковими краями, у будь-якому поперечному перерізі складає переважно, навіть менше, ніж 0,01мм. При можливому травленні і пропусканні кризь пристрій для зняття поверхневого шару твердість стрічки за винаходом може досягати величин HRB 55/70 або HV110/140.

Шорсткість поверхні стрічки  $\geq 1,3\text{мкм}$  забезпечує запобігання різаних частин близькому зближенню їх при пакетуванні і формуванні багатошарових пакетів, завдяки наявності повітря, яке присутнє у западинах створених шорсткістю поверхні. Взагалі, вище описані характеристики роблять цей тип гарячекатаної стрічки особливо прийнятним для якісного різання без необхідності будь-якої підготовки і випрямлення нарізаних частин, тобто вони готові для наступного пакетування, тому пакетування взагалі проводять автоматично на лінії, таким чином виключаючи операції підготовки і випрямлення, які потрібні у відомих системах.

Інші об'єкти, переваги і характеристики сталеної стрічки за винаходом стануть більш зрозумілими з наступного детального опису з посиланнями на креслення, де:

на Фіг.1 показані криві частоти присутності відповідних розмірів зерен, які статистично визначені у множині рулонів в головній, середній і кінцевій частинах відповідно кожного рулону стрічки за винаходом;

на Фіг.2 показані деталі мікроструктури тої самої стрічки при збільшенні у 1000 разів;

на Фіг.3 показаний розподіл висот задирок у мм, які експериментально визначено на багатьох частинах, вирізаних з стрічки за винаходом;

на Фіг.4 схематично показано як підраховують фактор пакування (параметр прокатки згідно стандарту Італії UNI EN 10126), на який в подальшому є посилання як на показник паралельності і наявності задирок у вирізаних частинах для ламінованих пакетів;

на Фіг.5 схематично показане обладнання, яке згадане у публікації WO2004/026497 і яке переважно використовують для виробництва стрічки за винаходом; і

на Фіг.6 показана схема для порівняння циклів виробництва відомих стрічок і стрічок за винаходом.

Як було зазначено вище, гарячекатана стрічка за винаходом може замінити, без виконання опе-

рації відпалювання, холоднокатані стрічки для виробництва, при нарізанні, ламінованих пакетів магнітних листів. Товщина зазначеної сталеної стрічки складає 0,65 - 1,5мм, переважно 0,65 - 1,0мм, з допусками точності  $\pm 0,05\text{мм}$ , а рівень стрічки паралельності < 0,02, переважно 0,01мм.

Якщо відома магнітна стрічка для підвищення магнітної проникності характеризується вмістом силіцію > 0,5% і дрібнозернистістю феритних зерен нижче, ніж 7 клас за стандартом ASTM E 112, то стрічка за винаходом, незважаючи на дуже низький вміст силіцію (< 0,03%) і дрібнозернистість вище ніж 9 клас зазначеного стандарту, показує магнітні характеристики, які можна порівняти з характеристиками стрічок на основі силіцію з неорієнтованими зернами, які для підвищення розміру феритних зерен виготовляють гарячекатаними і піддають наступному відпалюванню. Це стає можливим завдяки суттєвій одноманітності феритних зерен, де 70% зерен показують клас дрібнозернистості на рівні 9 і 12 класів за вище згаданим стандартом ASTM, таким чином створюючи особливу магнітну проникність цієї стрічки. Хоча розмір зерна відіграє основну роль щодо магнітної проникності сталі, експериментальні випробування показують, що в цьому відношенні однорідність зерен також дуже важлива безвідносно розміру зерна.

На Фіг.1 показана якість мікроструктури стрічок за винаходом, де більш як 80% зерен мають розмір менший, ніж відповідає 9 класу за стандартом ASTM E 112, а тому дрібнозернистість є кращою, ніж потрібно за 9 класом.

Характеристику одноманітності феритних зерен, які є дрібними і однорідними, також можна бачити на мікрофотографії (Фіг.2), яка збільшена у 1000 разів.

Перейдемо тепер до іншої характеристики стрічки за винаходом, а саме -невеликої висоти задирок після різання, верхнє потрібне обмеження якої складає 0,04мм. На графіку Фіг.3 показано як таке обмеження повністю виконується на стрічці за винаходом, де висота задирок не досягає величини 0,04мм.

Щоб визначити характеристики площинності і паралельності сталеної стрічки, для продукту, який буде виготовлений з неї, а саме ламінованих пакетів з магнітних листів, особливо, але не виключно, для виробництва статорів і роторів електричних моторів, звичайно робиться посилання на фактор пакування, який визначають як відношення між вагою багатошарового пакету звичайної форми (P) і вагою цілісного сталеного блоку (P'), який має такі самі розміри як і пакет. Очевидно, що найбільша можлива величина фактора пакування дорівнює 1 (див. Фіг.4), де ліворуч показаний багатошаровий пакет, а праворуч - цілісний сталений блок. Фактор пакування P/P' є мірою паралельності багатошарового пакету, або іншими словами він показує можливу присутність порожнин, завдяки задиркам і неоднаковій товщині листів. Експериментальні випробування, які проводили для кожного положення стрічки за винаходом, показали, що такий фактор є дуже високим у порівнянні з холоднокатаною стрічкою і складає 0,90 - 0,99, що

відповідає найвищим величинам рівня паралельності  $< 0,02\text{мм}$  і навіть нижче  $0,01\text{мм}$ .

Стрічку за винаходом виготовляють на обладнанні (Фіг.5) для безперервної гарячої прокатки, наприклад, описаного в публікації WO2004/026497, на якому може бути отримана стрічка з вище зазначеними характеристиками. В нижній частині креслення (Фіг.5) показані можливі операції травлення і пропускання крізь пристрій для зняття поверхневого шару, які можуть бути проведені після прокатки, щоб досягти величин твердості до HRB 55/70 або HV 110/140.

На схемі, наведеній на Фіг.6, праворуч показані основні операції виробничого циклу стрічки за винаходом в системах такого типу і можна бачити меншу кількість операцій у порівнянні з відомою

технологією, яка передбачає холодну прокатку, хоча результати по якості є порівняними.

Стрічка за винаходом є надійним альтернативним рішенням холоднокатаним стрічкам з сталі на основі силіцію з неорієнтованими зернами, коли виробу не потребують особливих обмежень магнітних характеристик, які визначають за допомогою експериментальних випробувань, результати яких наведені у наступній таблиці 1. Слід зауважити, що випробування проводили на багатошарових пакетах, отриманих з стрічки за винаходом, тобто з гарячекатаної стрічки без додаткової обробки, і порівнювали їх з випробуваннями на подібних пакетах, отриманих з відомої холоднокатаної стрічки, яку піддавали відпалюванню і пропускали крізь пристрій для зняття поверхневого шару (1%).

Таблиця 1

Тип стрічки	W1T	W1,5T	B2500	B5000	B10000
Стрічка за винаходом Стан:сировинний (Цикл 1)	9,76	20,60	1,581	1,705	1,818
Стрічка відома Стан:відпалений (Цикл 2)	10,20	21,61	1,590	1,713	1,829

Де:

- W 1T і W 1,5T - магнітні втрати у Вт/Кг сталі, виміряні відповідно при магнітних індукціях (поляризація) 1,0 і 1,5 Т(Тесла) у перемінному полі при 50Гц;

- B2500, B5000, B10000 - величини магнітної індукції (поляризація) у Тесла, 2500, 5000, 10000 А/м, відповідно, виміряні при інтенсивності магнітного поля H у перемінному полі при 50Гц.

- Цикл 1: гаряча прокатка + травлення + зняття поверхневого шару,

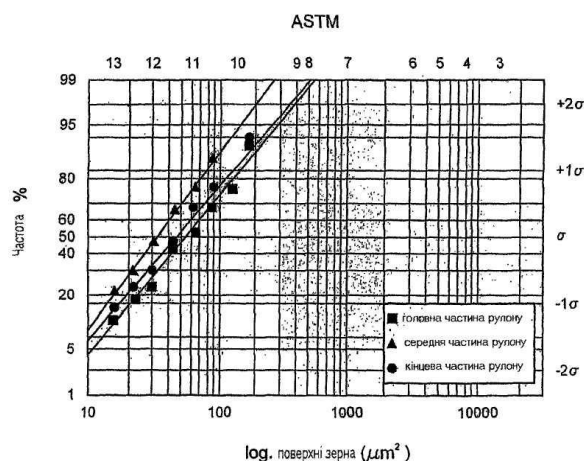
- Цикл 2: гаряча прокатка + травлення + холодна прокатка ( $> 70\%$ ) + відпалювання + зняття поверхневого шару.

Аналізуючи результати, наведені у таблиці, можна побачити, що характеристики гарячекатаної стрічки за винаходом є повністю порівняним, з точки зору якості, з характеристиками відомої стрічки, яку додатково потрібно піддавати холодній прокатці, відпалюванню і пропускати крізь пристрій для зняття поверхневого шару. Величини магніт-

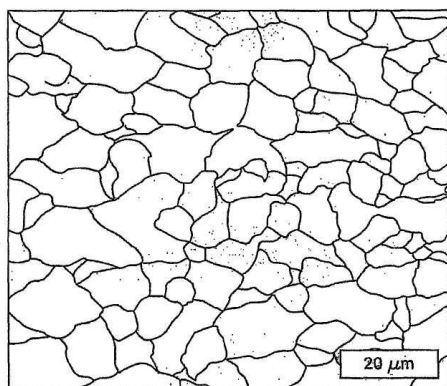
ної проникності, які були визначені, є фактично однаковими (найбільша різниця : 0,6% при B10000), а магнітні втрати навіть нижчими у стрічці за винаходом.

Також ясно, що виробництво сталеної стрічки за винаходом є більш економічним, ніж відомої стрічки як завдяки зменшенню кількості силіцію, так і завдяки ліквідації операцій холодної прокатки і відпалювання, як було зазначено вище. Це може зберегти приблизно 15% загальних витрат на виробництво.

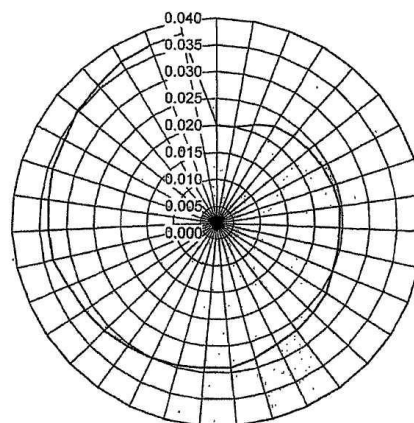
Іншою перевагою сталеної стрічки за винаходом є те, що можна уникнути критичного стану традиційної кременевої сталі з неорієнтованими зернами, сляби з якої повинні бути нагріті при температурах вище (приблизно на  $200^{\circ}\text{C}$ ), ніж потрібно для інших сталей, які не включають силіцій, і повинні бути охолоджені більш повільно при регульованому процесі перед наступною прокаткою, щоб уникнути появи тріщин у власно слябі.



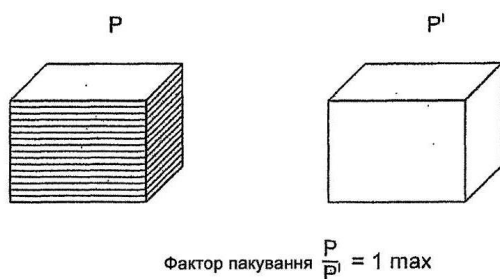
Фіг.1



Фіг.2

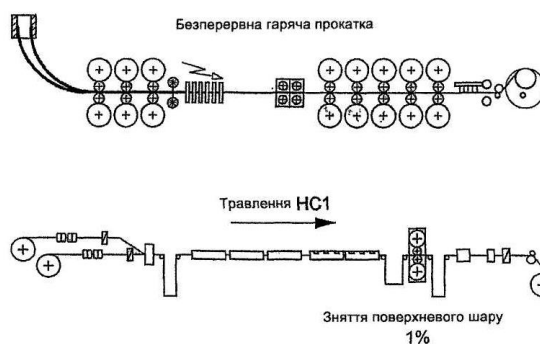


Фіг.3



Фактор пакування  $\frac{P}{P'} = 1 \text{ max}$

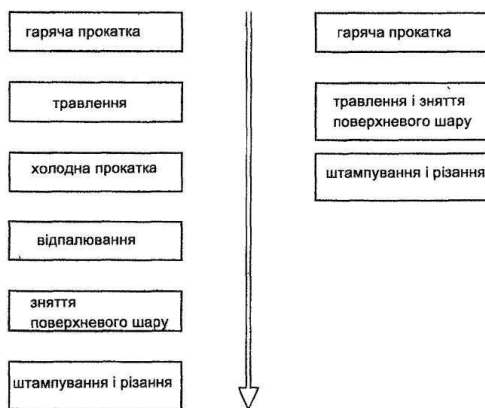
Фіг.4



Фіг.5

Відомий цикл

Цикл за винаходом



Фіг.6