



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 88415

(13) C2

(51) МПК (2009)

C21D 8/00

C22C 38/00

C21D 8/02

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

(54) ГАРЯЧЕКАТАНА СТАЛЬНА СТРІЧКА З МІКРОЛЕГОВАНОЇ СТАЛІ

1

(21) а200808745
(22) 26.01.2006
(24) 12.10.2009
(86) РСТ/IT2006/000044, 26.01.2006
(46) 12.10.2009, Бюл.№ 19, 2009 р.
(72) АРВЕДІ ДЖОВАННІ, ІТ
(73) АРВЕДІ ДЖОВАННІ, ІТ
(56) US, 6488790, В1, 03.12.2002
WO, 2004031420, А1, 15.04.2004
EP, 1008667, А1, 14.06.2000
EP, 1319726, А1, 18.06.2003
US, 6669789, В1, 30.12.2003
(57) 1. Гарячекатана стрічка з низьковуглецевої мікролегованої сталі товщиною $\geq 0,7$ мм, в якій більшість мікролеуючих елементів перед чистою прокаткою знаходяться в розчиненому стані в γ -залізі, яка зокрема придатна для отримання готових виробів холодним штампуванням і різанням, має умовну границю плинності 275 і 700 Н/мм², яка

2

відрізняється тим, що має такий хімічний склад, мас. %: С - 0,04-0,08, Мн - 0,15-2,0, Si - 0,06-0,60, P \leq 0,010, S \leq 0,010, Cr \leq 0,35, Ni \leq 0,20, Mo \leq 0,25, Cu \leq 0,20, Nb - 0,012-0,070, V - 0,02-0,03, Ti \leq 0,11, Al - 0,025-0,050, N \leq 0,0115, Fe та неминучі домішки - решта, та щонайменше 90 % її зерен мають дрібнозернистість, кращу, ніж по 10 класу за стандартом ASTM E 112, причому відношення границі опору руйнування (σ_{FR}) при деформації до умовної границі ($R_{p0,2}$) плинності - $\sigma_{FR}/R_{p0,2} \geq 90\%$, а також відношення умовної границі плинності до руйнівного навантаження $\geq 70\%$.
2. Стрічка за п.1, яка відрізняється тим, що допуски товщини складають $\leq 0,05$ мм.
3. Стрічка за п.1, яка відрізняється тим, що не має домішок В як мікролеуючого елемента.
4. Стрічка за п. 3, яка відрізняється тим, що загальна сума елементів V, Ti і Nb не перевищує 0,2 мас. %.

Винахід стосується стрічки з низьковуглецевої мікролегованої сталі, яка має такі характеристики, що вона при виробництві кінцевих виробів, які штампують або вирізають, може замінити холоднокатані стрічки, які до сих пір застосовують для отримання конструкцій зі зменшеною вагою і непоганою механічною міцністю.

З патентів JP2003253381, US6 488 790 та міжнародної публікації WO03/087414, наприклад, відомі способи виробництва гарячекатаних стрічок з мікролегованих сталей.

Зазначені мікролеговані або "низьколеговані високоміцні" (НЛВМ) сталі, які отримали таку назву тому, що включають додатково невеликі кількості ніобію, ванадію, титану і бору, загальна кількість яких трохи перевищує 0,2%. Ці елементи, замість входження в якості легуючих речовин у кристалеву решітку заліза, здійснюють свої дії комбінуючись з вуглецем і азотом у матрицю, таким чином формуючи дрібнодисперсні карбіди, нітриди і карбонітриди. Ці сполуки сприяють здрібненню зерен і спричиняють твердіння матриці при їх осадженні у феритні зерна.

Відомо, що ці сталі особливо прийнятно використовувати у таких конструкціях, де потрібно зменшити вагу без негативного впливу на їх механічну міцність. Їх специфічною характеристикою є те, що вони мають границю текучості, яка наближається до руйнівного навантаження, при відношенні між двома величинами вище 70%. Внаслідок цього стає можливим отримати зазначені результати шляхом зменшення поперечного перерізу, який витримує робочу напругу, і одночасно, завдяки наближенню границі текучості і руйнівного навантаження, матеріал має високі характеристики пружності і піддається сильній пружній деформації, що є причиною того, що кінцеві вироби набувають, при штампуванні, небажаних конфігурацій. Тому використання цих сталей обмежується випадками, коли не потрібні дуже точні допуски для кінцевих виробів.

Метою винаходу є створення стрічки з гарячекатаної мікролегованої, низьковуглецевої сталі товщиною $\geq 0,7$ мм, яка, особливо при травленні і пропусканні крізь пристрій для зняття поверхневого шару, має по суті такі самі металургійні і геоме-

(13) C2

(11) 88415

(19) UA

тричні характеристики, а також площинність і спроможність до деформування, що і холоднокатана стрічка для виробництва штампованих або різаних кінцевих виробів, як надійна заміна її.

Стрічку за винаходом переважно, але не вичерпно, виготовляють на лінії обладнання типу "тонкого слябу", яке описаного, наприклад, у міжнародній публікації WO2004/026497 на ім'я заявника даного винаходу і яке схематично показане на Фіг.1.

Матеріал стрічки характеризується, як наведено у п.1 формули винаходу, дрібнозернистістю, яка є кращою, ніж по 10 класу за стандартом ASTM E 112, при проценті >90% всієї структури і відношенням між границею текучості і руйнівним навантаженням $\geq 70\%$.

Об'єкти, переваги і характеристики стрічки з мікролегованої сталі за винаходом стануть більш зрозумілими з наступного опису, в якому є посилання на креслення, де:

на Фіг.1 схематично показане обладнання для лиття тонкого слябу і лінія прокатки, особливо прийнятні для виробництва стрічок з мікролегованої сталі за винаходом;

на Фіг.2 показані графіки, накреслені по точках, де частота присутності певних розмірів феритних зерен є статистично визначеною у множині рулонів стрічок в головній, середній і кінцевій частинах, відповідно, кожного рулону стрічки за винаходом;

на Фіг.3 наведений графік, який показує тенденцію обмежень напругу сталі за винаходом з гарантованим навантаженням текучості 355Н/мм².

Як було зазначено вище, стрічку з мікролегованої сталі за винаходом переважно, але не винятково, виготовляють на обладнанні типу тонкого слябу (Фіг.1), яке описане у міжнародній публікації WO2004/026497. На Фіг.1 можна бачити після операції лиття далі наступні операції: а) зменшення рідинної серцевини слябу; б) чорнова прокатка безпосередньо після безперервного лиття; в) нагрівання в індукційній печі; д) чистова прокатка; є) компактно регульоване охолодження; ж) намотування на котушку. Таке обладнання спроможне підтримувати температуру попередньої частини стрічки (г), яка передусє частині стрічки на ділянці чистової прокатки, приблизно 900°C. Прокатка попередньої частини стрічки при попередній температурі приблизно 900°C дозволяє утримувати у розчині у заліза (аустенітна фаза) більшість мікролегуєчих речовин, що дозволяє найбільш повну реалізацію їх функції по обмеженню росту аустенітного зерна і підвищенню твердості шляхом осадження у феритну фазу під час охолодження після чистової прокатки.

Слід зауважити, що ці аспекти взагалі не беруться до уваги при традиційних процесах, де сляб, який виходить після безперервного лиття, охолоджують і далі нагрівають для чистової прокатки. Отже дія мікролегуєчих речовин сильно зменшується, так як під час охолодження вони осаджуються різко і неконтрольовано, таким чином зменшуючи бажану дію по забезпеченню дрібнозернистості і дифундування при осадженні. Ці умови не можуть бути відновлені навіть наступним

нагріванням слябів, за винятком, коли піднімають температури до температур високої солюбілізації (за межами 1200°C), які проте приводять до інших негативних наслідків, таких як ріст зерна і декарбонізація поверхні стрічки, наслідком чого стає погіршення якостей стрічки. Як наслідок, виробництво НЛВМ стрічки, особливо товщиною <2мм, за традиційною системою може бути здійснено лише при більш складних і громіздких процесах, тому що, після гарячої прокатки, стрічку необхідно піддати холодній прокатці і обробці на лінії відпалювання з регульованим охолодженням.

Стрічка з мікролегованої сталі за винаходом забезпечує відношення між границею текучості і руйнівним навантаженням, яке дорівнює або вище 70%, а також добру спроможність до формування і різання в холодних умовах. Ці характеристики, завдяки якісній мікроструктурі, яка робить цей продукт надійною альтернативою холоднокатаним стрічкам з мікролегованої сталі однакової товщини, і має додаткові переваги в тому, що він отриманий з меншою домішкою мікролегуєчих і легуючих елементів, таких як ніобій, ванадій, титан, марганець і хром, як показано в таблиці 1.

Експериментальні випробування показали, що стрічки за винаходом характеризуються дрібнозернистою структурою, яка є кращою, ніж по класу 10 стандарту ASTM E 112, при проценті більше 90% всієї структури, що можна бачити з графіка на Фіг.2, де більшість зерен, більш всього у головній частині рулону стрічки, мають розміри, що відповідають або менше (тому мають кращу дрібнозернистість), ніж по класу 10 стандарту ASTM E 112. Ці характеристики дрібнозернистості і одноманітності зерен роблять цей тип гарячекатаної стрічки особливо стійким при випробуваннях втому. Як можна бачити з Фіг.3, де показані результати експериментальних випробувань, проведених на стрічках за винаходом, опір деформації є вищим, ніж у продуктах, отриманих за звичайними технологіями і є порівняним з опором деформації холоднокатаних стрічок такого самого класу. Слід зауважити, що це має місце і у зоні так званої "кінцевої напруги", а саме в зоні величин граничного навантаження, в якій руйнування зразка випробувалося при однаковій кількості N циклів менше 10^7 , і у зоні "невизначеної напруги", а саме в зоні величин обмеженого навантаження, визначеного експериментальними випробуваннями, при яких зразок не руйнується навіть, якщо кількість циклів навантаження більше, ніж кількість, яку звичайно застосовують для сталі, тобто $N=10^7$. Зокрема, опір навантаженню, визначений для сталі S355MC при кількості циклів $N=10^7$ (що відповідає 357Н/мм²), був кращим, в межах 5-10%, при відповідній імовірності не руйнування 50%. Крім того, відношення між границею руйнування при деформації звичайного згину (σ_{FF}) і границею текучості $\sigma_{FF}/R_{p0.2}$ є близько 1 і дорівнює 0,96, тобто вище, ніж у гарячекатаному матеріалі, де воно складає 0,88 і 0,90, і практично відповідає величині того самого відношення, що визначена для холоднокатаної стрічки такого самого класу.

Особливо дрібнозерниста мікроструктура цих стрічок дозволяє казати, що вони є прийнятними

для кінцевого вирізання і формування отворів в них шляхом прошивання, а також для формування складних форм в холодному стані, зокрема для утворення згинів під кутом 180° з радіусом, який дорівнює товщині, для високоміцних сталей, які мають гарантоване навантаження текучості між 275 і 700 Н/мм². Формування виробів у холодному стані, які мають складну форму виконується легше, також завдяки постійному профілю стрічки і її паралельності з відхиленнями менше 0,05 мм.

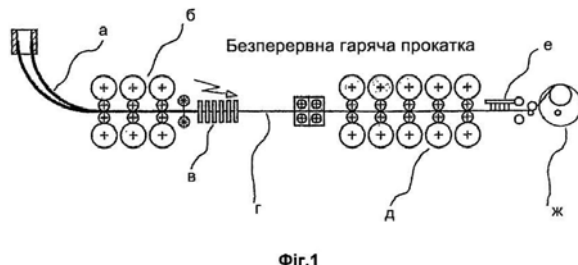
Різні сталі мають хімічний склад в межах границь, наведених у таблиці:

Таблиця

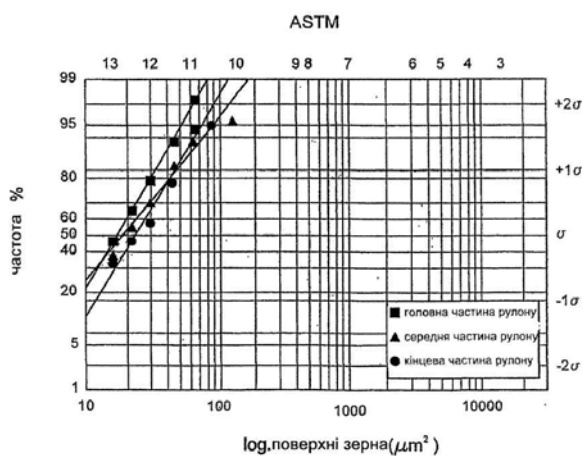
Елемент	Вміст (%)
C	0,04-0,08

Mn	0,15-2,0
Si	0,06-0,60
P	0,010 max
S	0,010 max
Cr	0,35 max
Ni	0,2 max
Mo	0,25 max
Cu	0,2 max
Nb	0,012-0,070
V	0,02-0,03
Ti	≤0,11
Al	0,025-0,050
N	0,0115 max

Як можна бачити з цієї таблиці, загальна сума мікролегуючих елементів (V, Ti і Nb) не перевищує 0,2%.

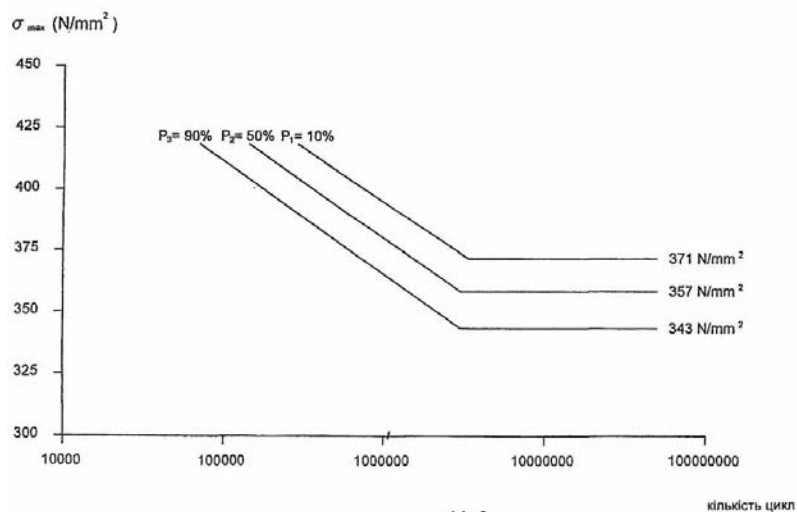


Фіг.1



Фіг.2

S355MC сталь, товщина 1.5 mm, повздовжня деформація R=0-K1=1, повздовжні зразки



Фіг.3