



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 61113

(13) C2

(51) 7 B22D11/06, C21D8/02

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

(54) ВИЛИТА СТРІЧКА З НИЗЬКОВУГЛЕЦЕВОЇ СТАЛІ І СПОСІБ ЇЇ ВИГОТОВЛЕННЯ

1

2

(21) 2000010303

(22) 19 06 1998

(24) 17 11 2003

(86) PCT/IT98/00168, 19 06 1998

(31) RM97A000367

(32) 19 06 1997

(33) IT

(46) 17 11 2003, Бюл. № 11, 2003 р

(72) Маскандзони Антоніо, ІТ, Анеллі Етторе, ІТ

(73) АЧЧАІ СПЕЦІАЛІ ТЕРНІ С.П.А., ІТ, ФОЕСТ-

АЛЬПІНЕ ІНДУСТРІАНПАГЕНБАУ ГМБХ, АТ

(56) EP, 0 707 908 B1, 24 04 1996

WO, 9 513 155, 18 05 1995

JP, 07 197 195 A, рлог 28 12 1993, publ 01 08 1995

JP, 06 271 984 A, рлог 22 03 1993, publ 27 09 1994

(57) 1 Спосіб виготовлення вилитої стрічки з низько-

вуглецевої сталі, який складається з таких стадій  
- виливання у двовалковий установці для безперерв-ного розливання (1), що обладнана обтискними вал-  
ками (3), стрічки товщиною від 1 мм до 8 мм, що має  
такий склад у мас %  
С - від 0,02% до 0,10%, Mn - від 0,1% до 0,6%, Si - від

0,02% до 0,35%, Al - від 0,01% до 0,05%, S - до

0,015%, P - до 0,02%, Cг - від 0,05% до 0,35%, Ni - від

0,05% до 0,3%, N - від 0,003% до 0,012%, і необов'яз-

ково Ti - до 0,03%, V - до 0,10%, Nb - до 0,035%, ре-

шта - здебільшого Fe,  
- охолодження стрічки на ділянці між ливарними вал-ками і обтискними валками (3),  
- гаряче деформування вилитої стрічки за допомогою

зазначених обтискних валків (3) при температурі в

межах від 1000°C до 1300°C до досягнення змен-

шення товщини не менше ніж 15%, для сприяння

змицанню усадкових пор,  
- охолодження стрічки зі швидкістю в межах від 5°C/сдо 80°C/с до температури (T<sub>avv</sub>) в межах від 500°Cдо 850°C, і  
- змитування одержаної таким чином стрічки у рупон(5)  
2 Вилита стрічка з низьковуглецевої сталі, яка відрі-

зняється тим, що вона одержана способом за п 1 і

має міцності і  
плавну криву напруження-деформація, а також доб-ру зварюваність після декапірування  
3 Стрічка за п 2, яка відрізняється тим, що має такікінцеву мікроструктуру і механічні властивості  
голчастий ферит та/або бейніт - менше 20% об'єм-них,  
грубозернистий рівновісний ферит - не менше 70%об'ємних,  
перліт - 2-10% об'ємних,  
межа текучості -  $\sigma_T = 180-250$  МПа,межа міцності -  $\sigma_B \geq 280$  МПа,  
відношення  $\sigma_T/\sigma_B \leq 0,75$ ,загальне подовження - більше 30%,  
проба Еріксена - не менше 12 мм

4 Стрічка за п 2, яка відрізняється тим, що має такі

кінцеву мікроструктуру і механічні властивості  
голчастий ферит та/або бейніт - 20-50% об'ємних,

грубозернистий рівновісний ферит - до 80% об'єм-

них,  
перліт - менше 2% об'ємних,  
межа текучості -  $\sigma_T = 200-300$  МПа,межа міцності -  $\sigma_B \geq 300$  МПа,  
відношення  $\sigma_T/\sigma_B \leq 0,75$ ,загальне подовження - не менше 28%,  
проба Еріксена - не менше 11мм

5 Стрічка за п 2, яка відрізняється тим, що має такі

кінцеву мікроструктуру і механічні властивості  
голчастий ферит та/або бейніт - більше 50% об'єм-них,  
грубозернистий рівновісний ферит - менше 50% об'ємних,  
перліт - менше 2% об'ємних,  
межа текучості -  $\sigma_T = 210-350$  МПа,межа міцності -  $\sigma_B > 330$  МПа,  
відношення  $\sigma_T/\sigma_B \leq 0,8$ ,загальне подовження — не менше 22%,  
проба Еріксена — не менше 10мм

(13) C2

(11) 61113

(19) UA

Цей винахід стосується способу виготовлення

стрічок з низьковуглецевої сталі, яка у вилитому стані

характеризується ефективним поєднанням міцності й

холодної формовності  
Відомі різноманітні способи виготовлення стрічок

із вуглецевої сталі з використанням двовалкових установок для безперервного розливання. Метою цих способів є виготовлення стрічок із вуглецевої сталі з високими характеристиками міцності та пластичності.

Зокрема, у публікації ЄПВ EP 0 707 908 A1 описано двовалкову установку для безперервного розливання, на якій виливають стрічку з вуглецевої сталі, яку потім піддають гарячому прокатуванню зі зменшенням товщини на 5-50% із наступним охолодженням. Виготовлена таким способом тонка стрічка має високі характеристики міцності та пластичності завдяки зменшенню розміру зерен, що досягається завдяки гарячому прокатуванню.

У документі WO 95/13155 описано потокову термічну обробку вилитих стрічок із вуглецевої сталі з метою регулювання мікроструктури вилитої стрічки. Конкретніше, вилиту стрічку охолоджують нижче температури, при якій відбувається перетворення аустеніту в ферит, а потім нагрівають до повторної аустенізації (потокова нормалізація). Таким способом, внаслідок впливу подвійного твердофазного перетворення, аустенітні зерна зменшуються, а завдяки регулюванню умов остаточного охолодження та змотування у рулони стає можливим одержати досить тонкі структури, які мають високі характеристики міцності та пластичності.

Проте вищезгадані способи потребують додаткового устаткування і підвищених витрат енергії (наприклад, прокатних ліній, печей для проміжного нагрівання тощо), а також, як правило, вимагають більших робочих площ і, отже, характеризуються зниженим ступенем єдності установки в цілому, починаючи з ливарної машини і до змотувального барабана. Крім того, ці способи спрямовані на досягнення певної кінцевої структури стрічки, а саме, намагаються забезпечити її якнайбільшу подібність до структури стрічки, виготовленої гарячим прокатуванням у звичайному виробничому циклі, і не розкривають, як саме можна одержати продукцію з бажаними механічними й технологічними властивостями шляхом використання особливостей фазового перетворення литих сталей, які мають грубу аустенітну зернистість (звичайно 150-400 мкм).

Таким чином, метою цього винаходу є надання способу виготовлення стрічки з низьковуглецевої сталі, яка у вилитому стані характеризується оптимальним поєднанням міцності та пластичності, а також доброю зварюваністю, без прокатування та/або термічної обробки.

Іншою метою цього винаходу є надання вилитої стрічки з вуглецевої сталі, яка має поліпшені механічні властивості, зокрема, відносно низьке значення відношення межі текучості до межі міцності і плавну криву напруження-деформація, з метою забезпечення особливої придатності матеріалу для холодного формування, наприклад, згинання та витяжки.

Тому предметом цього винаходу є спосіб виготовлення стрічки з низьковуглецевої сталі, яка у вилитому стані характеризується оптимальним поєднанням міцності й формовності, а також доброю зварюваністю після травлення звичайними способами, який включає такі стадії

- виливання у двовалковій установці для безперервного розливання, що обладнана обтискними валками, стрічки товщиною від 1 мм до 8 мм, що має

такий склад, у % (мас )

C - від 0,02% до 0,10%, Mn - від 0,1% до 0,6%, Si - від 0,02% до 0,35%, Al - від 0,01% до 0,05%, S - до 0,015%, P - до 0,02%, Cr - від 0,05% до 0,35%, Ni - від 0,05% до 0,3%, N - від 0,003% до 0,012%, і не обов'язково Ti - до 0,03%, V - до 0,10%, Nb - до 0,035%, решта - здебільшого Fe,

- охолодження стрічки на ділянці між ливарними валками і обтискними валками,

- гаряче деформування вилитої стрічки за допомогою зазначених обтискних валків при температурі в межах від 1000°C до 1300°C до досягнення зменшення товщини на менш ніж 15%, для сприяння змиканню усадкових пор,

- охолодження стрічки зі швидкістю в межах від 5°C/c до 80°C/c до температури в межах від 500°C до 850°C, і

- змотування одержаної таким чином стрічки в рулон.

У способі згідно з цим винаходом особливості фазового перетворення грубозернистого аустеніту, утвореного при здійсненні процесу безперервного розливання без застосування гарячого прокатування та/або потокової нормалізації, використовують для досягнення, шляхом регульованого охолодження та змотування, певних об'ємних співвідношень мікро-структурних складових литої низьковуглецевої сталі. Ці кінцеві мікроструктури, що складаються з рівновісного фериту, голчастого фериту та/або бейніту, забезпечують плавну криву напруження-деформація, характерну для матеріалу, що має поліпшену формовність, так що стрічка стає особливо придатною для її холодного формування.

Іншим предметом цього винаходу є стрічка з низьковуглецевої сталі, одержана вищезазначеним способом. Такі стрічки можуть забезпечити низьке значення відношення межі текучості до межі міцності та плавну криву напруження-деформація для даного матеріалу, а також добру зварюваність після декапірування.

Цей винахід описано нижче згідно із представленим варіантом його здійснення, наведеним як приклад, що не має обмежувального характеру, з посиланнями на прикладні графічні фігури.

фіг 1 являє собою спрощену схему двовалкової машини для безперервного виливання тонких стрічок і ділянок регульованого охолодження стрічки, відповідно до даного винаходу,

фіг 2 являє собою схематичну діаграму циклів потокового охолодження, що їх зазнають вилиті стрічки,

на фіг 3 подано фотографічне зображення мікроструктури першого типу вилитої сталевий стрічки, охолодженої згідно з цим винаходом, одержане за допомогою оптичного мікроскопа,

на фіг 4 подано фотографічне зображення мікроструктури другого типу вилитої сталевий стрічки, охолодженої згідно з цим винаходом, одержане за допомогою оптичного мікроскопа,

на фіг 5 подано фотографічне зображення мікроструктури третього типу вилитої сталевий стрічки, охолодженої згідно з цим винаходом, одержане за допомогою оптичного мікроскопа,

фіг 6А являє собою фотографічне зображення фериту голчастого типу, утвореного у стрічці згідно з цим винаходом, одержане за допомогою оптичного

мікроскопа,

фіг 6В являє собою фотографічне зображення частинки фериту голчастого типу, утвореного у стрічці згідно з цим винаходом, одержане за допомогою електронного мікроскопа,

фіг 7 являє собою фотографічне зображення мікроструктури другого типу вилитої сталевий стрічки, охолодженої згідно з цим винаходом, одержане за допомогою оптичного мікроскопа,

фіг 8 являє собою фотографічне зображення мікроструктури третього типу вилитої сталевий стрічки, охолодженої згідно з цим винаходом, одержане за допомогою оптичного мікроскопа,

фіг 9 являє собою фотографічне зображення мікроструктури четвертого типу вилитої сталевий стрічки, виготовленої за традиційною технологією, одержане за допомогою оптичного мікроскопа,

фіг 10 являє собою діаграму напруження-деформація для стрічки зі сталі певного типу, виготовленої з використанням традиційної технології,

фіг 11 являє собою фотографічне зображення мікроструктури вилитої сталевий стрічки, виготовленої за способом згідно з цим винаходом, одержане за допомогою оптичного мікроскопа,

фіг 12 ілюструє плавну форму діаграми напруження-деформація для вилитої сталевий стрічки, виготовленої за способом згідно з цим винаходом,

фіг 13А і фіг 13В являють собою діаграми, що ілюструють характеристики зварюваності двох типів декапірованих сталевих стрічок, виготовлених за способом згідно з цим винаходом,

фіг 14 являє собою діаграму, що ілюструє характеристики зварюваності декапірованої стрічки з низьковуглецевої сталі, виготовленої з використанням традиційної технології

Звернемось до фіг 1, запропонований цим винаходом спосіб передбачає застосування двовалкової установки 1 для безперервного розливання. Безпосередньо після валків 1 розташовані два охолоджувальні пристрої 2а і 2б для регульованого охолодження стрічки, яка безперервно проходить між ними

Після цих двох охолоджувальних пристроїв (в напрямку руху стрічки) встановлені обтискні валки 3 відомої конструкції

На виході обтискних валків 3 розташовано охолоджувальний пристрій 4 для модульованого завершувального охолодження, через який стрічка проходить перед надходженням на змотувальний пристрій 5

Під час твердіння і виходу з розливального пристрою 1 стрічка внаслідок дії двох валків, що обертаються у протилежних напрямках назустріч один одному, зазнає тиску, регульованого таким чином, щоб обмежити усадкову пористість. Попри вилиту стрічку піддають водяному або змішаному газова-водяному охолодженню з обох сторін, щоб уповільнити зростання як аустенітних зерен, так і поверхневих окиснених шарів. За допомогою обтискних валків товщину стрічки зменшують на менш ніж 15% при температурі, що знаходиться у межах від 1000°C до 1300°C, щоб одержати усадкову пористість прийнятних розмірів

Параметри циклів охолодження вилитої сталевий стрічки встановлюють шляхом змінювання швидкості розливання, подавання води та кількості ділянок

активного охолодження. Кінцевий цикл охолодження після проходження обтискних валків 3 визначають таким чином, щоб досягти бажаної структури, з урахуванням особливостей фазового перетворення даних сталей, які залежать у більшості випадків від початкових розмірів аустенітних зерен і від вмісту С, Мп і Сг

Були здійснені різноманітні лабораторні та повномасштабні випробування способу з використанням сталей такого складу, у % (мас)

С - від 0,02% до 0,10%, Мп - від 0,1% до 0,6%, Si - від 0,02% до 0,35%, Al - від 0,01% до 0,05%, S - до 0,015%, Р - до 0,02%, Сг - від 0,05% до 0,35%, Ni - від 0,05% до 0,3%, N - від 0,003% до 0,012%, Ti - до 0,03%, V - до 0,10%, Nb - до 0,035%, решта - здебільшого Fe

Результати цих випробувань свідчать, що шляхом регулювання хімічного складу сталі та режиму потокового охолодження можна одержувати прийнятні кінцеві мікроструктури, які Пизько врізуються певними значеннями об'ємних часток рівновісного фериту та голчастого фериту і/або бейніту. Різні співвідношення складових мікроструктури, отримані таким чином, зумовлюють різні комбінації міцності, пластичності та холодної формовності вилитих стрічок, які можна оцінити за допомогою випробувань міцності та проби Еріксена

Зокрема, винахідники оцінювали властивості, пов'язані з утворенням голчато-феритних або бейнітних структур, які характеризуються високою густиною дислокацій, у порівнянні із традиційними структурами полігонального дрібнозернистого фериту

Згідно зі способом за цим винаходом, можна одержати різні типи структур та властивостей вилитих стрічок із Пизько вуглецевої сталі, і ці Пизьковості для кожного з типів можна коротко описати так (великими літерами позначені різні типи вуглецевих сталей)

А) Переважання рівновісного фериту

Голчастий ферит та/або бейніт менше ніж 20% (об'ємних)

Грубозернистий рівновісний ферит не менше ніж 70% (об'ємних)

Перліт 2-10% (об'ємних)

Межа текучості  $\sigma_T=180-250$  МПа

Межа міцності  $\sigma_B \geq 280$  МПа

Відношення  $\sigma_T/\sigma_B \leq 0,75$

Загальне подовження не менше 30%

Проба Еріксена не менше 12мм

В) Змішана структура - рівновісний та Пизький ферит

Голчастий ферит та/або бейніт 20-50% (об'ємних)

Грубозернистий рівновісний ферит до 80% (об'ємних)

Перліт менше ніж 2% (об'ємних)

Межа текучості  $\sigma_T=200-300$  МПа

Межа міцності  $\sigma_B \geq 300$  МПа

Відношення  $\sigma_T/\sigma_B \leq 0,75$

Загальне подовження не менше 28%

Проба Еріксена не менше 11мм

С) Переважання голчастого фериту-бейніту

Голчастий ферит та/або бейніт більше 50% (об'ємних)

Грубозернистий рівновісний ферит менше 50% (об'ємних)

Перліт менше ніж 2% (об'ємних)

Межа текучості  $\sigma_T=210-320\text{МПа}$

Межа міцності  $\sigma_B>330\text{МПа}$

Відношення  $\sigma_T/\sigma_B<0,8$

Загальне подовження не менше 22%

Проба Еріксена не менше 10мм

З'ясовано, що С, Мп і Сг у концентраціях, що лежать у межах, визначених цим винаходом, і розміри аустенітних зерен не більше ніж 150мкм, а також швидкість охолодження більше 10°C/с в температурному інтервалі 750-480°C сприяють утворенню нерівновісного фериту

Подальші випробування, виконані з використанням способу згідно з цим винаходом, показали, що можна використовувати більш широкий розподіл і рівномірність концентрацій компонентів сплаву у стрічках, випитих за великої швидкості Пизьдіння (низького ступеню сегрегації) з метою гомогенізації розподілу мікроструктур і запобігання утворенню небажаних структур мартенситного типу, які знижують пластичність та формовність матеріалу

Крім того, винахідники з'ясували, що інтенсивне охолодження випитої стрічки сприяє утворенню поверхневого оксидного шару такої природи й товщини, що його можна усунути, використовуючи традиційні способи декапірування. Випробування точкового зварювання зразків декапірованих стрічок, одержаних за способом згідно з цим винаходом, дозволили позитивно оцінити зварюваність цих матеріалів, на яку, як відомо, значною мірою впливає стан поверхні листової сталі

Крім того, згідно зі спостереженнями винахідників, додавання певних елементів, наприклад, ванадію та ніобію, підвищує здатність аустеніту приймати гартування та сповільнюють утворення рівновісного фериту, сприяючи розвитку структури голчастого фериту та бейніту. Крім того, ніобій і титан, утворюючи сполуки з вуглецем і азотом, запобігають збільшенню розмірів зерен аустеніту в процесах високо-температурної обробки і тим самим забезпечують, наприклад, підвищену пластичність на ділянці зварювання, де властивості металу змінені внаслідок термічного впливу

Нижче подано ілюстративні та порівняльні приклади мікроструктур та властивостей стрічок, одержаних як за способом згідно з цим винаходом, так і за відомою звичайною технологією. Ці приклади не мають обмежувального характеру. Для ясності таблиці, згадані в наведених прикладах, подано всі разом після останнього прикладу (Прикладу 4)

#### ПРИКЛАД 1

За способом згідно з цим винаходом було виготовлено кілька стрічок товщиною від 2,2мм до 2,4мм, випитих зі сталі вищезазначеного типу А. Хімічний склад сталі подано в Таблиці 1

Рідку сталь розливали у вертикальний двовалковий машини для безперервного розливання (фіг 1) із використанням середньої роздільного напруження 40т/м. Стрічки охолоджували на виході ливарної машини так, що біля обтискних валків 3 вони мали температуру 1210-1170°C. При цих температурах товщину стрічки зменшували приблизно на 10%. Після цього охолодження модулювали, як схематично показано на фіг 2, так, що швидкість охолодження була в межах від 10°C/с до 40°C/с в температурному інтервалі від 950°C до температури змотування. Цю

останню температуру варіювали в межах від 780°C до 580°C. Основні умови охолодження і змотування подано в таблиці 2 разом із деякими характеристиками мікроструктури виготовлених стрічок. Механічні властивості стрічок, а саме, межа текучості  $\sigma_T$ , визначена як  $\sigma_{T1}$  або  $\sigma_{0.2}$  (залежно від того, чи є крива текучості плавною або не плавною), межа міцності  $\sigma_B$ , відношення  $\sigma_T/\sigma_B$ , загальне подовження А% та проба Еріксена (IAND), який характеризує здатність матеріалу до холодного формування, подано в таблиці 3

На фіг 3-5 показані типові мікроструктури стрічок, змотаних відповідно при 760-730°C (стрічки 9 і 4) і при 580°C (стрічка 5), які спостерігаються з допомогою оптичного мікроскопа

Можна спостерігати, як, зі зниженням температури змотування та збільшенням середньої швидкості охолодження стрічки, перліт практично зникає і розвиваються голчато-феритні та/або бейнітні структури, показані більш детально на фіг 6. Ці мікроструктури забезпечують плавну криву текучості матеріалу (див таблицю 3)

#### ПРИКЛАД 2

За способом згідно з цим винаходом були виготовлені інші стрічки товщиною від 2,0мм до 2,5мм, випиті зі сталей типів В і С згідно з таблицею 1, в яких вміст вуглецю підвищений (відповідно 0,052% і 0,09%)

Основні умови охолодження і змотування подано в таблиці 4 разом із деякими Пизько вуглецькими мікроструктури виготовлених стрічок. Механічні властивості стрічок та проба Еріксена, яка характеризує здатність матеріалу до холодного формування, подано в таблиці 5

На фіг 7 і фіг 8 показані типові мікроструктури відповідно стрічок 7 (сталь типу В) і 14 (сталь типу С), які спостерігаються за допомогою оптичного мікроскопа. В цьому випадку також можна, використовуючи особливості фазового перетворення грубозернистих аустенітних сталей, одержувати змішані структури, які містять рівновісний ферит, а також голчастий ферит і бейніт. Значення характеристик міцності вище значень, представлених у таблиці 1, які стосуються сталі із вмістом вуглецю 0,035%, а характеристики пластичності та холодної формовності зберігаються високими

#### ПРИКЛАД 3

У цьому порівняльному прикладі наведено дані про мікроструктуру та механічні властивості стрічки товщиною 2мм, виготовленої за сталі типу D (Таблиця 1) за традиційною технологією, у порівнянні з характеристиками випитої стрічки, Пизько вленої зі сталі того ж хімічного складу за способом згідно з цим винаходом. Можна бачити, що мікроструктуру традиційної стрічки складають дрібнозернистий полігональний ферит і перліт (фіг 9), а крива напруження-деформація має не плавну форму (фіг 10). Типові значення механічних Пизько вристик цієї стрічки, виготовленої за відомою Пизько технологією, представлені в таблиці 6. Використання відносно низької температури змотування за способом згідно з цим винаходом дозволяє одержати матеріали з голчастими структурами типу, показаного на фіг 11, які характеризуються подібними значеннями межі міцності, але плавною кривою напруження-деформація (фіг 12) і, отже, меншими значеннями відношення межі текучості до межі

міцності (таблиця 8)

#### ПРИКЛАД 4

Стрічки, виготовлені за способом згідно з цим винаходом зі сталей типів А і В, піддавали декапіруванню і випробовували на зварюваність. Випробування з точковим контактним зварюванням виконували з застосуванням електродів діаметром 8 мм при навантаженні 650 кг із варіюванням сили струму. На фіг 13А і фіг 13В наведено діаграми, які в координатах "кількість циклів-сила струму" характеризують

ділянки зварюваності, тобто ділянки, в межах яких сталеві листи відповідно типів А і В можна зварювати без ускладнень. Зіставлення із декапірованою листовою Лизько вуглецевою сталлю аналогічної товщини, виготовленою за традиційною технологією (фіг 14), показує, що стрічки, виготовлені за способом згідно з цим винаходом, зберігають сприятливі характеристики зварюваності, що свідчить про прийнятний стан поверхні.

Таблиця 1

Склад сталей, що їх використовували у прикладах

Сталь	C	Mn	Si	Cr	Ni	S	P	Al	N
A	0,038	0,48	0,16	0,31	0,13	0,008	0,016	0,044	0,01
B	0,052	0,45	0,16	0,22	0,08	0,004	0,008	0,021	0,0086
C	0,090	0,59	0,31	0,09	0,07	0,014	0,008	0,010	0,0088
D	0,034	0,22	0,02	0,05	0,06	0,003	0,008	0,035	0,0080

Таблиця 2

Умови охолодження і кінцеві мікроструктури стрічок зі сталі типу А

Номер дослідної стрічки	Швидкість охолодження, °C/c (Vr)	Середня температура змотування, °C (T <sub>avv</sub> )	Мікроструктура (у % об'ємних)		
			Рівновісний ферит	Голчастий ферит+бейніт	Перліт
9	15	760	56	40	4
4	34	730	40	58	2
3	30	680	50	50	2
11	15	620	50	50	1
5	26	580	10	90	0

Таблиця 3

Механічні властивості стрічок зі сталі типу А

Номер дослідної стрічки	Швидкість охолодження, °C/c (Vr)	Середня температура змотування, °C (T <sub>avv</sub> )	σ <sub>T</sub>		σ <sub>B</sub> (МПа)	σ <sub>T</sub> /σ <sub>B</sub>	A (%)	Проба Еріксена (мм)
			σ <sub>T1</sub> (МПа)	σ <sub>0,2</sub> (МПа)				
9	15	760	-	250	351	0,71	30	12,7
4	34	730	-	264	351	0,75	28	12,5
3	30	680	-	250	338	0,74	28	12,6
11	15	620	-	251	355	0,70	28	11,4
5	26	580	-	306	384	0,79	22	11,0

Таблиця 4

Умови охолодження і кінцеві мікроструктури стрічок зі сталей типів В і С

Тип сталі/номер дослідної стрічки	Швидкість охолодження, °C/c (Vr)	Середня температура змотування, °C (T <sub>avv</sub> )	Мікроструктура (у % об'ємних)		
			Рівновісний ферит	Голчастий ферит+бейніт	Перліт
B/8	20	860	67	2	6
B/6	20	610	40	59	1
B/7	25	500	20	80	0
C/13	20	820	80	15	5
C/14	25	620	30	70	0

Таблиця 5

Механічні властивості стрічок зі сталей типів В і С

Тип сталі/номер дослідної стрічки	Швидкість охолодження, °C/c (Vr)	Середня температура змотування, °C (T <sub>avv</sub> )	$\sigma_1$		$\sigma_B$ (МПа)	$\sigma_T/\sigma_B$	A (%)	Проба Еріксена (мм)
			$\sigma_{T1}$ (МПа)	$\sigma_{0.2}$ (МПа)				
B/8	20	860	258	-	343	0,75	26	12,5
B/6	20	610	267	-	353	0,76	24	12,4
B/7	25	500	-	320	406	0,79	22	12,2
C/13	20	820	202	-	310	0,65	30	11,4
C/14	25	620	-	253	344	0,73	22	10,3

Таблиця 6

Механічні властивості стрічок, виготовлених за традиційною технологією зі сталі типу D

Тип сталі/номер дослідної стрічки	Товщина, мм	Швидкість охолодження, °C/c (Vr)	Середня температура змотування, °C (T <sub>avv</sub> )	$\sigma_{T1}$ (МПа)	$\sigma_B$ (МПа)	$\sigma_{T1}/\sigma_B$	A (%)	Проба Еріксена (мм)
D/7	2	30	640	323	383	0,84	30	13,3
D/8	4	20	650	303	372	0,81	35	-

Таблиця 7

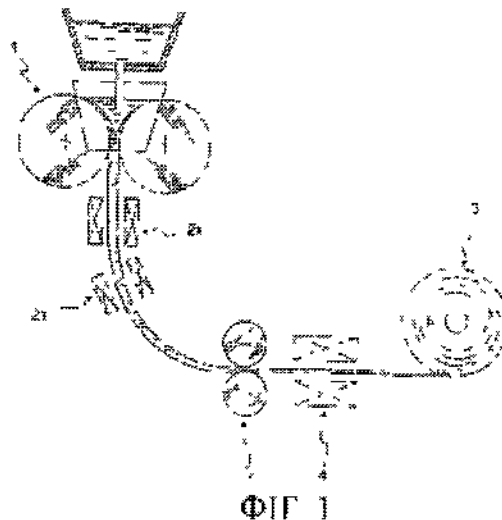
Умови охолодження і кінцеві мікроструктури стрічок зі сталі типу D товщиною 2 мм і 4 мм

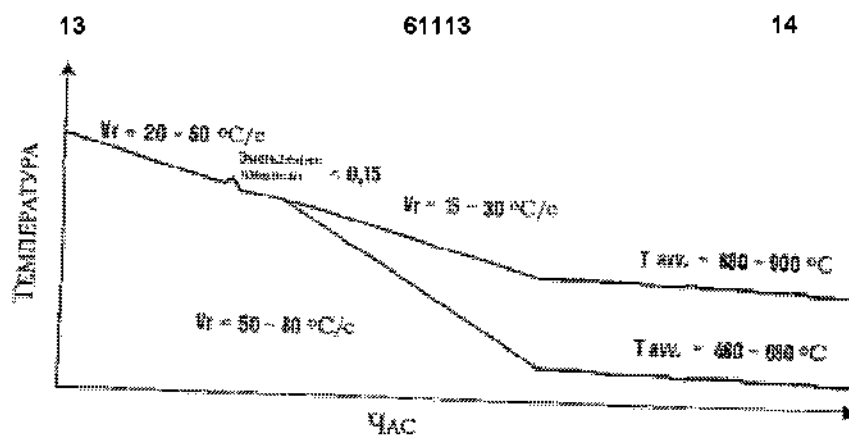
Тип сталі/ номер дослідної стрічки	Товщина (мм)	Швидкість охолодження, °C/c (Vr)	Середня температура змотування, °C (T <sub>avv</sub> )	Мікроструктура (у % об'ємних)		
				Рівновісний ферит	Голчастий ферит+бейніт	Перліт
D/3	2	50	720	30	70	0
D/5	2	80	720	40	60	0
D/2	2	15	620	50	50	0
D/4	2	80	620	25	75	0
D/6	4	50	620	40	60	0

Таблиця 8

Механічні властивості стрічок зі сталі типу D

Тип сталі/номер дослідної стрічки	Швидкість охолодження, °C/c (Vr)	Середня температура змотування, °C (T <sub>avv</sub> )	$\sigma_T$		$\sigma_B$ (МПа)	$\sigma_T/\sigma_B$	A (%)	Проба Еріксена (мм)
			$\sigma_{T1}$ (МПа)	$\sigma_{0.2}$ (МПа)				
D/3	50	720	287	-	390	0,74	26	-
D/5	80	720	-	238	356	0,67	31	-
D/2	15	620	-	223	366	0,61	27	-
D/4	80	620	-	259	380	0,68	25	13,0
D/6	50	620	-	196	338	0,58	38	-

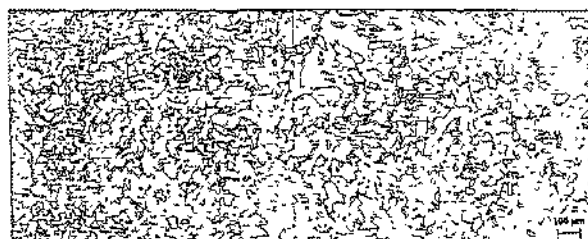




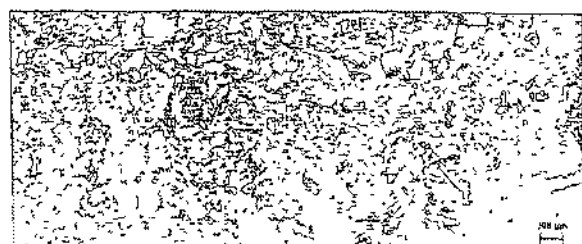
ФИГ. 2



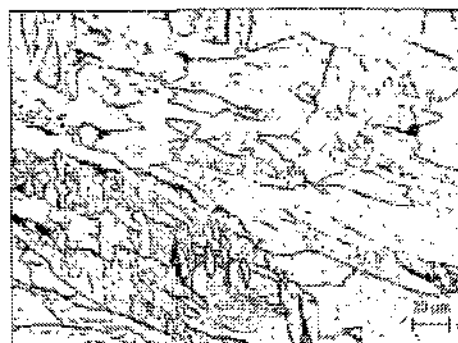
ФИГ. 3



ФИГ. 4



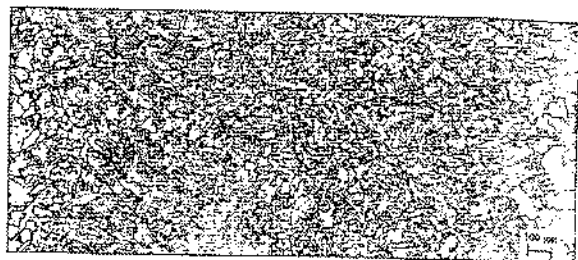
ФИГ. 5



ФИГ. 6A



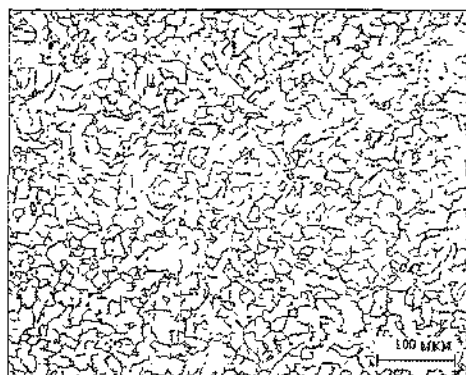
ФИГ. 6B



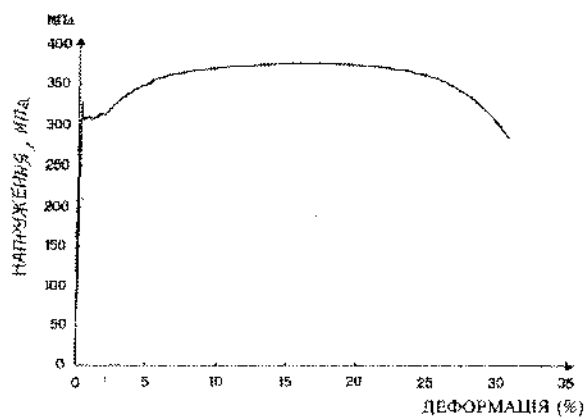
ФІГ. 7



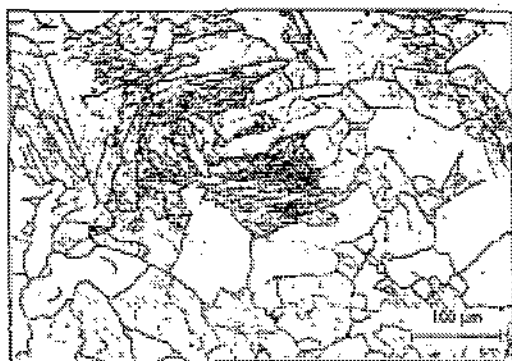
ФІГ. 8



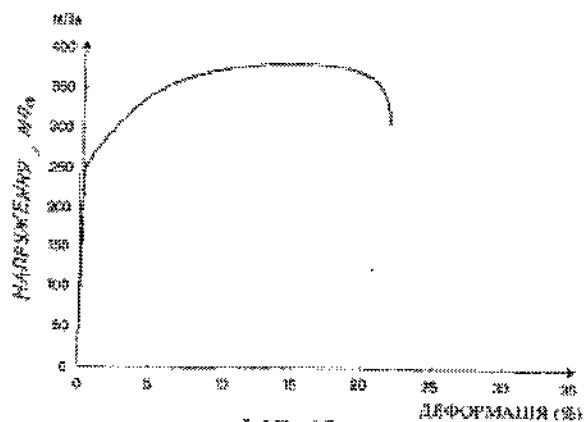
ФІГ. 9



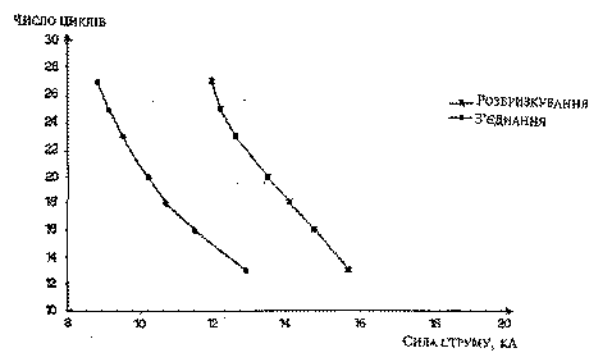
ФІГ. 10



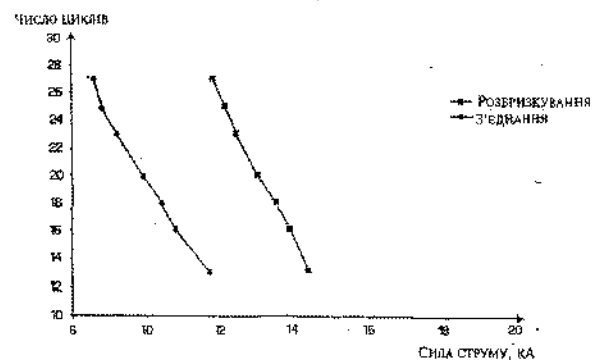
ФІГ. 11



ФІГ. 12

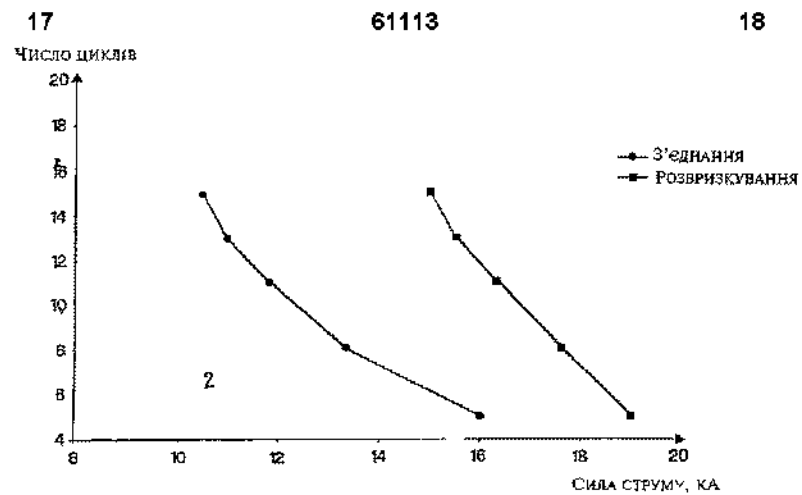


ФІГ. 13А



ФІГ. 13В





ФІГ. 14