



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **129054** (13) **C2**
(51) МПК (2024.01)

C21D 8/02 (2006.01)
C21D 8/04 (2006.01)
C21D 9/46 (2006.01)
C21D 9/50 (2006.01)
B21B 15/00
B23K 101/16 (2006.01)
B23K 103/04 (2006.01)
B23K 11/087 (2006.01)
C22C 38/02 (2006.01)
C22C 38/04 (2006.01)
C22C 38/06 (2006.01)
C22C 38/12 (2006.01)

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

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

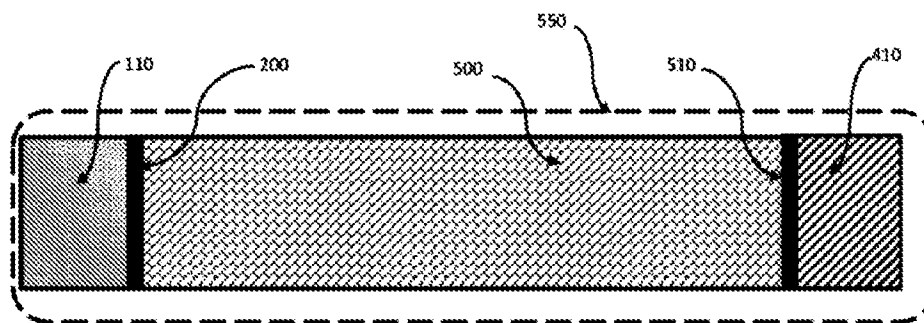
(21) Номер заявки:	а 2021 03677	(72) Винахідник(и): Гассемі-Армакі Хасан (US), Пател Вікас Канубхай (US), Густафсон Тімоті (US)
(22) Дата подання заявки:	15.11.2019	(73) Володілець (володільці): АРСЕЛОРМІТТАЛ, 24-26, Boulevard d'Avranches, L-1160 Luxembourg, Luxembourg (LU)
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності:	02.01.2025	(74) Представник: Слободяннюк Алла Василівна, реєстр. №25
(31) Номер попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції:	PCT/IB2018/059513	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: WO 2015/088514 A1, 18.06.2015 EP 2130620 A1, 09.12.2009 US 2015/0267281 A1, 24.09.2015 UA 113529 C2, 10.02.2017 UA 54506 U, 10.11.2010 UA 113628 C2, 27.02.2017 UA 94963 C2, 25.06.2011
(32) Дата подання попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції:	30.11.2018	
(33) Код держави-учасниці Паризької конвенції, до якої подано попередню заявку:	IB	
(41) Публікація відомостей про заявку:	20.10.2021, Бюл.№ 42	
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію:	01.01.2025, Бюл.№ 1	
(86) Номер та дата подання міжнародної заявки, поданої відповідно до Договору РСТ	PCT/IB2019/059833, 15.11.2019	

(54) СПОСІБ ОДЕРЖАННЯ МАРТЕНСИТНОЇ СТАЛІ ТА ВІДПОВІДНА МАРТЕНСИТНА СТАЛЬ**(57) Реферат:**

Винахід стосується мартенситної сталі, яка містить наступні елементи в кількості, вираженій у мас. %: $0,1 \leq C \leq 0,4$; $0,2 \leq Mn \leq 2$; $0,4 \leq Si \leq 2$; $0,2 \leq Cr \leq 1$; $0,01 \leq Al \leq 1$; $0 \leq S \leq 0,09$; $0 \leq P \leq 0,09$; $0 \leq N \leq 0,09$; і може містити один або кілька наступних необов'язкових елементів $0 \leq Ni \leq 1$; $0 \leq Cu \leq 1$; $0 \leq Mo \leq 0,1$; $0 \leq Nb \leq 0,1$; $0 \leq Ti \leq 0,1$; $0 \leq V \leq 0,1$; $0,0015 \leq B \leq 0,005$; $0 \leq Sn \leq 0,1$; $0 \leq Pb \leq 0,1$; $0 \leq Sb \leq 0,1$; $0 \leq Ca \leq 0,1$; решту композиції складає залізо й немінучі домішки, які з'являються при переробці, причому мікроструктура зазначеної сталі включає у процентних частках поверхні залишковий аустеніт і

UA 129054 C2

бейнітний компонент, які сукупно присутні в кількості від 0 і до 25 %, при цьому решта частин мікроструктури щонайменше на 70 % є мартенситом, з необов'язковою присутністю фериту від 0 і до 10 %.



Фіг. 5

Даний винахід стосується способу безперервного одержання мартенситної сталі, придатної для обробки в безперервній лінії відпалювання, особливо для мартенситних сталей, межа міцності на розрив яких становить 1500 МПа або більше.

Холоднокатані сталеві листи обробляють безперервно шляхом оцинковування, безперервно піддають відпалюванню та іншій термічній обробці на технологічних лініях стану холодної прокатки. З метою оптимізації ефективності процесів термічної обробки, таких як відпалювання і оцинковування, сталеві листи з'єднують безперервним ланцюгом швом зварювання внапуск. Конкретно, хвостову частину або задній кінець попереднього (першого) рулону й головну частину наступного (другого) рулону з'єднують разом на вхідній стороні прокатного стану, таким чином, утворюється безперервний складений лист, який можна безперервно обробляти в прокатному стані із суттєво більш високою ефективністю, у порівнянні з ефективністю обробки окремих листів.

Традиційний пристрій зварювання швом внапуск або зварювання з роздавлюванням крайків може бути ефективно використаний для зварювання низьковуглецевої й високоміцної низьколегірованої ("HSLA") марки сталі. Зварний шов утворюється за один прохід, коли зварювальний пристрій, такий як пара протилежних електродів, змонтованих на каретці, переміщається уздовж частин сталі марки HSLA, що перекриваються, з утворенням зварного шва, до повернення у вихідне положення в неробочому режимі.

Розробка вдосконаленої високоміцної сталі (AHSS) особливо мартенситних сталей, межа міцності на розрив яких вища, ніж у сталі марки HSLA або низьковуглецевої сталі. Мартенситні сталі характеризуються високим вуглецевим еквівалентом, високою межею міцності на розрив, і високим електричним питомим опором. Зазначена висока межа міцності на розрив є особливо вигідною у автомобільній промисловості, наприклад, застосування мартенситної сталі з її підвищеною межею міцності на розрив у каркасі транспортного засобу забезпечує виробництво автомобільних компонентів зі зниженою масою й супроводжується покращенням ефективності використання палива, не негативного впливу на безпечність транспортного засобу. Однак внаслідок високого вмісту вуглецю мартенситні сталі жодним чином не можна обробляти безперервно шляхом традиційного процесу лінійного зварювання, оскільки при використанні цього процесу для двох висококарбонатних сталей без підігріву приводить до крихкого й слабого зварного шва, внаслідок того факту, що затверділа й охолоджена зона плавлення висококарбонатних сталей складається з відносно твердого й крихкого висококарбонатного мартенситу, з одночасним утворенням оксидів. У зазначеній крихкій і твердій мікроструктурі розвиваються тріщини або відразу після зварювання, або при обробці усередині лінії безперервного відпалювання, травлення або оцинковування. Крім того, досить високий вміст компонентів сплаву, особливо високий вміст вуглецю, і високий питомий опір AHSS приводить до дуже високої чутливості цих марок сталі до параметрів зварювання.

Тому потреба заміни висококарбонатних сталей на зварний шов з висококарбонатних сталей викликає необхідність у безпечній і надійній обробці усередині прокатного стану для висококарбонатних сталей, оскільки пошкодження зварного шва протягом безперервної лінії відпалювання або будь-якого іншого безперервного процесу термічної обробки може викликати зупинку всього технологічного маршруту стану безперервної холодної прокатки на відносно короткий (наприклад, 1 година) або тривалий (наприклад, 1 доба) період, залежно від місця розташування й серйозності пошкодження зварного шва.

Попередні дослідження й удосконалення в галузі безперервної обробки AHSS дали в результаті декілька способів безперервного одержання AHSS, такі як використання індукційного нагрівання після зварювання. Для цього альтернативного розв'язку необхідний монтаж пристрою індукційного нагрівання або окремої станції, що вимагає капіталовкладень й значного додаткового часу на охолодження зварного шва. Тому зазначений розв'язок непридатний для маршруту безперервної термічної обробки в стані холодної прокатки.

Крім того, у виданому патенті США US8803023 також запропонований механізм зварювання, який допускає два шари зварювання для AHSS сталей. Однак у патенті не передбачено зварювання сталей, які мають межу міцності на розрив більшу, ніж 1700 МПа.

Отже, у світлі вищезгаданих публікацій, метою винаходу є розробка способу обробки AHSS, конкретно мартенситних сталей, при безперервному відпалюванні для одержання сталі, яка має межу міцності на розрив більшу, ніж 1500 МПа для використання у виробництві автомобілів, причому зазначений спосіб забезпечує сталь AHSS без термообробки, конкретно мартенситну сталь, оброблену в процесі безперервної термічної обробки.

Отже, метою даного винаходу є вирішення зазначених проблем шляхом пропонування способу й рулону композиційної сталі, придатних для застосування в безперервній

технологічній лінії термічної обробки для того, щоб одержати лист мартенситної сталі, який може бути використаний в автомобілі, і який одночасно має:

- межу міцності на розрив, яка є більшою, або дорівнює 1500 МПа, бажано 1700 МПа, чи ще краще, вище 1900 МПа,

5 - межу текучості, яка є більшою, або дорівнює 1200 МПа, чи бажано вищою 1400 МПа.

Іншою метою даного винаходу є також запропонувати спосіб виробництва зазначених листів, який можна поєднати із традиційним промисловим використанням, причому він є стійким щодо змін параметрів виробництва.

10 Композиційний рулон сталі запропонований даним винаходом необов'язково може бути покритий цинком або цинковими сплавами, або алюмінієм або алюмінієвими сплавами з метою поліпшення опору корозії.

15 Даний винахід усуває проблему шляхом одержання проміжного продукту, який є композиційним рулоном, одержаним шляхом зварювання низьковуглецевої сталі або сталі марки HSLA, який надалі називається "поздовжнім сталевим елементом", по обидва боки ширини холоднокатаного сталевого листа без термообробки зі сталі AHSS і, зокрема, мартенситної сталі, для того щоб замінити зварний шов AHSS-до-AHSS на більш міцні й більш надійні зварні шви HSLA-до-HSLA для непрямого з'єднання разом рулонів AHSS у процесі такої безперервної термічної обробки, як відпалювання або оцинковування.

20 Композиційний рулон запропонований даним винаходом повинен мати здатність до вигинання зварного шва, яка є більшою, або дорівнює 12 циклам згинання для того, щоб він міг відігравати роль входу в безперервну лінію відпалювання або будь-який інший процес термічної обробки.

25 Запропонований даним винаходом композиційний рулон повинен мати міцність зварного шва більшу, ніж 70 % для того, щоб композиційний рулон міг витримувати флуктуації безперервного процесу термічної обробки.

Бажано, зазначений композиційний рулон сталі є придатним для виробництва холоднокатаних листів, які можуть бути використані для автомобілів.

30 Бажано, зазначений композиційний рулон сталі також може бути цілком придатний для формування, зокрема для прокатки із задовільною зварюваністю й здатністю до нанесення покриття.

Для розуміння винаходу спосіб детально пояснюється в описі. Відповідно до винаходу, мартенситна сталь може бути отримана відповідно до способу, який складається з зазначених в описі послідовних етапів.

35 Лист мартенситної сталі відповідно до винаходу може бути отриманий кожним з наступних способів. Кращий спосіб полягає в одержанні напівобробленого виливка сталі з запропонованим винаходом хімічним складом первинної сталі. Виливок може бути отриманий у формі злитка або безперервно у формі тонких слябів або тонких смуг, тобто, з товщиною в діапазоні приблизно від 220 мм для слябів, до декількох десятків міліметрів для тонких смуг.

40 Наприклад, сляб, який має хімічний склад первинної сталі, проводиться шляхом безперервного виливка, де сляб необов'язково зазнає прямого відновлення протягом процесу безперервної виливки, щоб уникнути центральної сегрегації й забезпечити витримування співвідношення локального вуглецю до номінального вуглецю нижче 1,10. Сляб, отриманий у процесі безперервної виливки може бути використаний безпосередньо за високої температури після безперервної виливки, або його можна спочатку охолодити до кімнатної температури й потім повторно нагріти для гарячої прокатки.

45 Температура сляба, який піддається гарячій прокатці, бажано становить, щонайменше, 1000 °C, і вона повинна бути нижчою від 1280 °C. У випадку, коли температура сляба нижча 1150 °C, на валки прокатного стану діє надлишкове навантаження й, крім того, температура сталі може знизитися до температури феритного перетворення під час остаточної прокатки, відповідно до чого сталь буде прокатана в такому стані, коли в її структурі утримується трансформований ферит. Тому температура сляба бажано є досить високою, щоб гаряча прокатка могла завершитися в діапазоні температур від A_{c3} до $A_{c3}+100$ °C, і температура остаточної прокатки залишалася вище A_{c3} . Слід виключати температуру повторного нагрівання вище 1280 °C, оскільки це збільшує виробничі витрати.

55 Діапазон температур остаточної прокатки між A_{c3} і $A_{c3}+100$ °C є більш бажаним для того, щоб мати необхідну структуру для перекристалізації й прокатки. Необхідно здійснювати прохід остаточної прокатки за температури вищої, ніж 850 °C, оскільки нижче зазначеної температури сталевий лист значно втрачає здатність деформуватися. Потім отриманий у такий спосіб лист охолоджують зі швидкістю більшою, ніж 30 °C/с, до температури згортання, яка повинна

становити від 475 °С до 650 °С. Бажано, швидкість охолодження може бути меншою або дорівнювати 200 °С/с.

Потім гарячекатаний сталевий лист згортають у рулон за температури згортання між 475 °С і 650 °С для того, щоб не допустити втрати круглої форми й бажано нижче 625 °С, щоб уникнути утворення окалин. Такий кращий діапазон температур згортання перебуває між 500 °С і 625 °С. Згорнутий у рулон гарячекатаний сталевий лист охолоджують до кімнатної температури, перш ніж піддати необов'язковому відпалюванню гарячої смуги.

Гарячекатаний сталевий лист може бути оброблений на необов'язковому етапі видалення окалини для того, щоб видалити окалину, яка утворилася в процесі гарячої прокатки, до необов'язкового відпалювання гарячої смуги. Потім гарячекатаний лист може зазнавати необов'язкового відпалювання гарячої смуги за температури від 400 °С до 750 °С щонайменше протягом 12 годин, та не більше, ніж 96 годин, при цьому підтримують температуру нижчу ніж 750 °С для того, щоб уникнути часткового перетворення гарячекатаної мікроструктури й, отже, втрати однорідності мікроструктури. Після цього може бути здійснений необов'язковий етап видалення окалини із цього гарячекатаного сталевого листа, наприклад, шляхом травлення зазначеного листа. Цей гарячекатаний сталевий лист піддають холодній прокатці, щоб одержати холоднокатаний сталевий лист із обтисненням по товщині між 35 і 90 %. Потім одержують холоднокатаний сталевий лист. Цей термооброблений холоднокатаний сталевий лист також називають "первинною сталлю".

Після цього одержують, щонайменше, два поздовжні елементи, які складаються із будь-який сталі, яка має вміст вуглецю від 0,001 і до 0,25 % або менше. Поздовжні елементи відповідно до даного винаходу є сталевими заготовками однакової ширини з холоднокатаним сталевим листом, причому вони можуть мати різну довжину згідно з вимогами винаходу. Поздовжній елемент сталі запропонованої даним винаходом повинен завжди мати вміст вуглецю між 0,001 % і 0,25 % і бажано між 0,001 % і 0,20 %. Надалі отримані два поздовжні елементи називають "перший поздовжній елемент" і "другий поздовжній елемент".

Потім розгортають, щонайменше, два зовнішні витки холоднокатаного сталевого листа, щоб підготувати для зварювання передній кінець розмотаних витків холоднокатаного сталевого листа. Схематично це показано на Фігурі 1, де позиція 10 показує підготовлений розмотаний зовнішній виток холоднокатаного сталевого листа й 20 показує перші два розмотані зовнішні витки холоднокатаного сталевого листа й позицією 30 позначено решту рулона холоднокатаного сталевого листа.

Підготовка до зварювання одного першої будь-якої ширини поздовжнього елемента. На Фігурі 2 показана підготовлена ширина 100 поздовжнього елемента й позиція 110 означає поздовжній елемент. Після цього зварюють підготовлену ширину першого поздовжнього елемента з підготовленим кінцем холоднокатаного сталевого листа з утворенням зварного холоднокатаного сталевого листа.

Зварений кінець холоднокатаного сталевого листа з поздовжнім елементом показано на Фігурі 3, де позиція 200 означає зварний шов, 110 позначає поздовжній елемент, 20 показує два зовнішні витки холоднокатаного сталевого листа й позицією 30 позначено решту рулону холоднокатаного сталевого листа.

Потім зварний холоднокатаний сталевий лист знов змотують, щоб незварений кінець став зовнішнім витком. Цей незварений кінець звареного холоднокатаного сталевого листа стає зовнішнім витком і потім, щонайменше, два перші зовнішні витки розмотують і готують для зварювання розмотаний не зварений кінець звареного холоднокатаного сталевого листа.

Готують будь-яку одну ширину другого поздовжнього елемента, як показано на Фігурі 4, де підготовлений кінець позначений як 400 і другий поздовжній елемент позначений як 410. Потім зварюють підготовлену ширину другого поздовжнього елемента з підготовленим кінцем звареного листа холоднокатаної сталі, щоб одержати композиційний сталевий лист.

На Фігурі 5 наведено схематичне креслення плоского композиційного рулону, у цілому позначеного як 550, де позиція 500 означає плоский розмотаний холоднокатаний сталевий лист і 110 означає перший поздовжній елемент, 410 означає другий поздовжній елемент, 200 означає зварний шов між першим поздовжнім елементом і холоднокатаним сталевим листом. Позиція 510 означає зварний шов між другим поздовжнім елементом і звареним листом холоднокатаної сталі.

Надалі композиційний рулон направляється в цикл безперервного відпалювання для термічної обробки, після якої запропонована даним винаходом сталь набуває необхідних механічних властивостей й мікроструктури, а також зварні шви випробовують на здатність до вигинання і ударну в'язкість композиційного рулону.

При відпалюванні композиційного сталевго листа композиційний сталевий лист нагрівають зі швидкістю, яка є вищою, ніж 2 °C/c і бажано вищою, ніж 3 °C/c, до температури витримування від Ac3 і до Ac3+100 °C, де значення Ac3 для композиційного сталевго листа розраховують із використанням наступної формули:

$$Ac3 = 901 - 262 \cdot C - 29 \cdot Mn + 31 \cdot Si - 12 \cdot Cr - 155 \cdot Nb + 86 \cdot Al$$

де вміст елементів виражений у масових відсотках холоднокатаного сталевго листа.

Композиційний сталевий лист витримують за температури витримування протягом від 10 секунд до 500 секунд для того, щоб забезпечити завершення перекристалізації й повне перетворення на аустеніт інтенсивно деформаційно зміцненої вихідної структури. Потім композиційний сталевий лист охолоджують зі швидкістю більшою, ніж 25 °C/c до температури нижчої, ніж Ms і бажано нижчої, ніж 400 °C, і витримують композиційний сталевий лист протягом від 10 секунд до 1000 секунд у діапазоні температур між 150 °C і 400 °C, щоб запропонована даним винаходом сталь отримала необхідну мікроструктуру, потім охолоджують композиційний сталевий лист до кімнатної температури, щоб одержати композиційний сталевий лист.

Потім проводять операцію обрізки в холодному стані, щоб видалити перший позовжний елемент і другий позовжний елемент і одержати мартенситний сталевий лист.

Хімічний склад мартенситного сталевго листа, який застосовується в способі виробництва мартенситної сталі, викладений нижче.

Вуглець присутній у рулоні композиційної сталі в кількості від 0,10 % і до 0,4 %. Вуглець є елементом, необхідним для підвищення міцності запропонованої даним винаходом сталі внаслідок одержання фаз низькотемпературного перетворення, таких як мартенсит, крім того, вуглець відіграє вирішальну роль у стабілізації аустеніту, тому він є необхідним елементом для збереження залишкового аустеніту. Отже, вуглець відіграє дві важливі ролі, одна полягає в підвищенні міцності, а інша - у збереженні аустеніту, що забезпечує пластичність. Однак за умови вмісту вуглецю менше, ніж 0,10 %, неможлива стабілізація аустеніту у відповідній кількості, яка потрібна для запропонованої даним винаходом сталі. З іншого боку, коли вміст вуглецю перевищує 0,4 %, спостерігається погана зварюваність сталі, що обмежує можливості її застосування для автомобільних деталей.

Вміст марганцю в рулоні композиційної сталі запропонованої даним винаходом перебуває між 0,2 % і 2 %. Цей елемент є гомогенним. Основною метою додавання марганцю є одержання структури, яка містить аустеніт. Марганець є елементом, який стабілізує аустеніт за кімнатної температури, щоб одержати залишковий аустеніт. Марганець у кількості, щонайменше, приблизно 0,2 мас. % є обов'язковим для забезпечення міцності й здатності до затвердіння запропонованої даним винаходом сталі, а також для стабілізації аустеніту. Таким чином, підвищений вміст марганцю, такий як 2 %, є бажаним у даному винаході. Однак, коли вміст марганцю перевищує 2 %, спостерігаються шкідливі ефекти, оскільки він гальмує перетворення аустеніту на бейніт під час охолодження після відпалювання. Крім того, вміст марганцю вище 2 % також погіршує зварюваність запропонованої даним винаходом сталі, яка також не може досягти заданої пластичності.

Вміст кремнію в рулоні композиційної сталі запропонованої даним винаходом, перебуває між 0,4 % і 2 %. Кремній є компонентом, який може уповільнювати осадження карбідів під час старіння, тому, завдяки присутності кремнію, багатий на вуглець аустеніт стабілізується за кімнатної температури. Крім того, завдяки низькій розчинності кремнію в карбіді, він ефективно пригнічує або уповільнює утворення карбідів, тому також сприяє утворенню в бейнітній структурі карбідів з низькою щільністю, яка є бажаною у даному винаході, оскільки забезпечує важливі механічні властивості запропонованої даним винаходом сталі. Однак нерозмірний вміст кремнію не дає згаданого ефекту й приводить до такої проблеми, як крихкість при відпусканні. Тому концентрацію регулюють до верхньої межі 2 %.

Вміст хрому в рулоні композиційної сталі запропонованої даним винаходом складає від 0,2 % і до 1 %. Хром є важливим елементом, який забезпечує міцність і затвердіння сталі, але коли він застосовується в кількості більше 1 %, він погіршує доведення поверхні сталі. Крім того, за умови вмісту хрому до 1 % стає грубішою дисперсійна конфігурація карбідів у бейнітних структурах, тому зберігається низька щільність карбідів у бейніті.

Вміст алюмінію відповідно до даного винаходу становить від 0,01 % і до 1 %. Алюміній видаляє кисень, який перебуває в розплавленій сталі, щоб запобігти утворенню кисню в газовій фазі протягом процесу затвердіння. Крім того, алюміній зв'язує азот у сталі з утворенням нітриду алюмінію для того, щоб зменшити розмір зерен. За умови підвищеного вмісту алюмінію, понад 1 %, збільшується значення Ac3 до високої температури, таким чином, знижується продуктивність. Вміст алюмінію від 0,8 % до 1 % можна використовувати при високому вмісті

доданого марганцю, з метою урівноважування впливу марганцю на точку перетворення й розвиток утворення аустеніту з при підвищення температури.

5 Сірка не є істотним елементом, але може утримуватися в сталі як домішка, і в контексті даного винаходу, бажаним є як можна менший вміст сірки, однак вона становить 0,09 % або менше, з погляду на виробничі витрати. Крім того, якщо в сталі є більше сірки, вона утворює сульфід, зокрема з марганцем і знижує його вигідний вплив на запропоновану даним винаходом сталь.

10 Вміст фосфору в сталі запропонованій даним винаходом перебуває між 0,002 % і 0,09 %. Фосфор знижує зварюваність методом точкового зварювання й пластичність сталі в гарячому стані, особливо внаслідок тенденції до сегрегації на межі зерен або співрозмірної сегрегації з марганцем. Із цих причин вміст фосфору обмежено до 0,09 %, чи краще – нижче ніж 0,06 %.

Вміст азоту обмежено до 0,09 %, для того щоб уникнути старіння матеріалу й звести до мінімуму осадження нітридів алюмінію під час затвердіння, яке впливає на механічні властивості сталі.

15 Нікель може бути доданий як необов'язковий елемент у кількості від 0 % до 1 %, щоб збільшити міцність і поліпшити ударну в'язкість рулону композиційної сталі. Для досягнення зазначеного ефекту потрібен мінімум 0,01 % Ni. Однак, коли вміст нікелю перевищує 1 %, Ni погіршується пластичність.

20 Мідь може бути додана як необов'язковий елемент у кількості від 0 % до 1 %, щоб збільшити міцність і поліпшити опір корозії рулону композиційної сталі. Для досягнення зазначеного ефекту потрібен мінімум 0,01 % міді. Однак, коли вміст Cu перевищує 1 %, це може погіршити зовнішній вигляд поверхні.

25 Молібден є необов'язковим елементом, вміст якого складає від 0 % до 0,1 %; у сталі запропонованій даним винаходом молібден відіграє значну роль для поліпшення здатності до затвердіння й твердості, затримує появу бейніту й усуває осадження карбідів у бейніті. Однак добавка молібдену надмірно підвищує витрати на додавання легуючих елементів, таким чином, з економічних причин його вміст обмежено до 0,1 %.

30 Вміст ніобію, який присутній в запропонованій даним винаходом сталі, становить від 0 % і до 0,1 %, причому ніобій застосовують для утворення карбонітридів, які надають міцності запропонованій даним винаходом сталі шляхом дисперсійного затвердіння. Крім того, ніобій може впливати на розмір мікроструктурних компонентів шляхом осадження у вигляді карбонітридів і гальмування рекристалізації під час процесу нагрівання. Таким чином, формується більш дрібнозерниста мікроструктура наприкінці температурного витримання й, як наслідок, після завершення відпалювання, це приводить до затвердіння продукту. Однак вміст ніобію вище 0,1 % є економічно недоцільним, оскільки спостерігається ефект насичення його впливу; який проявляється в тому, що додаткова кількість ніобію не призводить до якого-небудь поліпшення міцності продукту.

40 Титан додають до запропонованої даним винаходом сталі в кількості від 0 % і до 0,1 %. Як і ніобій, Ti залучається до утворення карбонітридів, тому він відіграє роль у затвердінні сталі. Однак титан також утворює нітриди, які з'являються в процесі затвердіння продукту виливки. Тому кількість титану обмежена до 0,1 %, щоб уникнути утворення грубозернистих нітридів титану, які негативно впливають на здатність до формування. У випадку, коли вміст титану становить менше 0,001 %, Ti не проявляє ніякого ефекту на запропоновану даним винаходом сталь.

45 Вміст кальцію в запропонованій даним винаходом сталі перебуває між 0,001 % і 0,005 %. Кальцій додають до запропонованої даним винаходом сталі як необов'язковий елемент особливо в ході обробки включень. Кальцій сприяє очищенню сталі шляхом зв'язування сірки, яка перебуває в глобулярній формі, і яка має негативний вплив, і таким чином, нівелює шкідливий вплив сірки.

50 Ванадій є ефективним для підвищення міцності сталі шляхом утворення карбідів або карбонітридів, причому верхня межа його вмісту становить 0,1 % з економічних причин.

55 Інші елементи, такі як церій, бор, магній або цирконій, можуть бути додані окремо або в комбінації, у наступних співвідношеннях: церій $\leq 0,1$ %, бор $\leq 0,003$ %, магній $\leq 0,010$ % і цирконій $\leq 0,010$ %. Аж до зазначеного максимального рівня вмісту, ці елементи дають можливість вичистити зерна під час затвердіння. Решту композиції сталі складає залізо й неминучі домішки, які з'являються при переробці.

60 Склад поздовжнього елемента, який застосовується для запропонованої даним винаходом сталі, викладений нижче: перший поздовжній елемент і другий поздовжній елемент, містять наступні елементи, виражені у масових відсотках: $0,001 \% \leq C \leq 0,25 \%$; $0,2 \% \leq Mn \leq 2 \%$; $0,01 \% \leq Si \leq 2 \%$; $0,0 \% \leq Cr \leq 1 \%$; $0,01 \% \leq Al \leq 1 \%$; $0 \% \leq S \leq 0,09 \%$; $0 \% \leq P \leq 0,09 \%$; $0 \% \leq N \leq 0,09 \%$;

і може містити один або кілька наступних необов'язкових елементів $0\% \leq \text{Ni} \leq 1\%$; $0\% \leq \text{Cu} \leq 1\%$; $0\% \leq \text{Mo} \leq 0,1\%$; $0\% \leq \text{Nb} \leq 0,1\%$; $0\% \leq \text{Ti} \leq 0,1\%$; $0\% \leq \text{V} \leq 0,1\%$; $0,0015\% \leq \text{B} \leq 0,005\%$; $0\% \leq \text{Sn} \leq 0,1\%$; $0\% \leq \text{Pb} \leq 0,1\%$; $0\% \leq \text{Sb} \leq 0,1\%$; $0\% \leq \text{Ca} \leq 0,1\%$; решту композиції складає залізо й немінучі домішки.

5 Склад первинної сталі містить наступні елементи, виражені у масових відсотках - $0,1\% \leq \text{C} \leq 0,4\%$; $0,2\% \leq \text{Mn} \leq 2\%$; $0,4\% \leq \text{Si} \leq 2\%$; $0,2\% \leq \text{Cr} \leq 1\%$; $0,01\% \leq \text{Al} \leq 1\%$; $0\% \leq \text{S} \leq 0,09\%$; $0\% \leq \text{P} \leq 0,09\%$; $0\% \leq \text{N} \leq 0,09\%$; і може містити один або кілька наступних необов'язкових елементів $0\% \leq \text{Ni} \leq 1\%$; $0\% \leq \text{Cu} \leq 1\%$; $0\% \leq \text{Mo} \leq 0,1\%$; $0\% \leq \text{Nb} \leq 0,1\%$; $0\% \leq \text{Ti} \leq 0,1\%$; $0\% \leq \text{V} \leq 0,1\%$; $0,0015\% \leq \text{B} \leq 0,005\%$; $0\% \leq \text{Sn} \leq 0,1\%$; $0\% \leq \text{Pb} \leq 0,1\%$; $0\% \leq \text{Sb} \leq 0,1\%$; $0\% \leq \text{Ca} \leq 0,1\%$; решту композиції складає залізо й немінучі домішки, які з'являються при переробці.

Мікроструктура мартенситного сталевго листа включає:

залишковий аустеніт і бейнітний компонент, сукупно присутні в кількості між 0 % і 25 %, причому відповідно до даного винаходу, вони є необов'язковими компонентами. Бажано корисна кількість залишкового аустеніту й бейнітного компонента становить від 5 % і до 20 %.

15 Залишковий аустеніт надає запропонованій даним винаходом сталі пластичності, а бейнітні острівці забезпечують міцність сталі.

Мартенсит складає від 80 % до 100 % частин площі мікроструктури. Мартенсит може утворюватися при охолодженні рулону композиційної сталі після відпалювання від 320 °C і до 480 °C і може стати відпущеним при витримуванні під час старіння в діапазоні температур між 320 °C і 480 °C. Мартенсит надає пластичності і міцності запропонованій даним винаходом сталі.

Запропонована даним винаходом сталь містить ферит від малих кількостей до максимум 10 %. Відповідно до винаходу, Ферит не є обов'язковою складовою але утворюється як залишкова мікроструктура, завдяки обробці сталі. Вміст фериту необхідно підтримувати на мінімальному рівні, який не повинен перевищувати 10 %. Аж до процентного вмісту 10 % ферит надає пластичності запропонованій даним винаходом сталі, однак коли вміст фериту перевищує 10 %, він може знижувати межу міцності на розрив сталевих деталей з композиційного рулону.

Крім описаної вище мікроструктури, мікроструктура первинного листа сталі не містить таких мікроструктурних компонентів, як перліт і цементит.

Приклади

Наступні випробування, приклади, наочні пояснення на прикладах і наведені в описі таблиці, власне кажучи не є обмежувачими; їх слід розглядати лише як ілюстрації, і вони повинні демонструвати корисні ознаки даного винаходу.

35 У Таблиці 1 і Таблиці 1A наведені зразки первинної сталі різного складу, показані технічні умови для листа первинної сталі, перший поздовжній елемент і другий поздовжній елемент із конкретним вмістом вуглецю й межею міцності на розрив до проведення безперервного відпалювання, причому в Таблиці 2 наведені параметри відпалювання, проведення для композиційних сталевих листів. Потім у Таблиці 3 подано зведення мікроструктур листів первинної сталі, отриманих у ході випробувань, і в таблиці 4 зведені результати оцінки властивостей, отриманого зварного шва композиційного рулону, а також механічні характеристики, досягнуті основним виробником.

Таблиця 1

Зразки первинної сталі	C	Mn	P	S	Si	Cr	Al	Nb	Ti	N	B	Ca
Зразок 1	0,28	0,5	0,015	0,002	1,0	0,5	0,04	0,025	0	0,0063	0	0,0004
Зразок 2	0,28	0,5	0,015	0,002	1,0	0,5	0,04	0,025	0	0,0063	0	0,0004
Зразок 3	0,315	0,45	0,015	0,003	1,5	0,5	0,045	0,03	0,025	0	20	0
Поздовжній елемент 1 Сталь	0,17	0,38	0,009	0,0037	0,031	0,022	0,07	0,001	0,002	0,0049	0	0
Поздовжній елемент 2 Сталь	0,17	0,38	0,009	0,0037	0,031	0,022	0,07	0,001	0,002	0,0049	0	0

45 У Таблиці 1A показана межа міцності на розрив листа первинної сталі й для поздовжнього елемента 1 і поздовжнього елемента 2. Крім того, у Таблиці 1A зазначений вміст вуглецю й товщина первинної сталі й поздовжніх елементів.

Таблиця 1А

Зразок сталі	Випробування*	Вміст вуглецю в первинній сталі	Товщина первинної сталі	Межа міцності на розрив первинної сталі до відпалювання	Поздовжній елемент 1: вміст вуглецю	Поздовжній елемент 1: міцність до відпалювання	Товщина поздовжнього елемента 1	Поздовжній елемент 2: вміст вуглецю	Поздовжній елемент 2: міцність до відпалювання	Товщина поздовжнього елемента 2
Зразок 1	I1	0,28	1,2	780	0,15	380	1,2	0,15	380	1,2
Зразок 2	I2	0,28	1,6	780	0,15	380	1,6	0,15	380	1,6
Зразок 3	I3	0,315	1,0	1027	0,15	380	1,0	0,15	380	1,0
Зразок 1	R1	0,28	1,2	780	<u>0,28</u>	780	1,2	<u>0,28</u>	780	1,2
Зразок 2	R2	0,28	1,6	780	<u>0,28</u>	780	1,6	<u>0,28</u>	780	1,6
Зразок 3	R3	0,315	1,0	1027	<u>0,315</u>	1027	1,0	<u>0,315</u>	1027	1,0

* I - відповідає винаходу; R = матеріал для порівняння; підкреслені значення не відповідають винаходу

У Таблиці 2 наведені параметри процесу відпалювання, проведеного для композиційного ролону, для того, щоб надати первинній сталі з Таблиці 1 необхідних механічних характеристик й зробити її мартенситною сталлю. Композиції сталей від I1 до I3 використовують для виробництва запропонованого даним винаходом листа мартенситної сталі. У цій Таблиці для порівняння також наведений сталевий лист, який позначений у Таблиці під посиланням від R1 до R3. Крім того, у Таблиці 2 наведені табличні зведення показників Ms і Ac3. Ці показники визначені для запропонованих даним винаходом сталей й названих сталей у такий спосіб:

Ms (°C) = 539 - 423C - 30Mn - 18Ni - 12Cr - 11Si - 7Mo

Ac3 = 901 - 262°C - 29*Mn + 31*Si - 12*Cr - 155*Nb + 86*Al,

де вміст елементів виражений у масових відсотках.

Нижче подано Таблицю 2:

Таблиця 2

Зразок сталі	Випробування	Середня швидкість нагрівання до температури відержування (°C/c)	Температура відержування при відпалюванні	Час відержування При відпалюванні (с)	Середня швидкість охолодження після термічного витримування (°C/c)	Температура загартування	Температура витримування при перестарюванні	Час перестарювання	Ac3 (°C)	Ms (°C)
1	I1	3,5	880	170	2000	200	200	170	838	388
2	I2	3,5	880	170	2000	200	200	170	838	388
3	I3	4,5	910	170	2000	200	200	170	845	573
1	R1	3,5	880	170	2000	200	200	170	838	388
2	R2	3,5	880	170	2000	200	200	170	838	388
3	R3	4,5	910	170	2000	200	200	170	845	573

*I—запропоновані винаходом;

R = матеріал для порівняння; підкреслені значення: не відповідають винаходу.

У Таблиці 3 зібрані результати різних механічних випробувань, проведених відповідно до стандартів. Для випробування міцності зварного шва, випробування на здатність до штампування за Ольсеном проводили відповідно до стандарту ASTM E643–15 і випробування межі міцності на розрив (UTS) і межі текучості (YS) проводили відповідно до стандарту JIS-Z2241. При випробуванні здатності зварного шва до згинання, зварені зразки піддавали згинанням з радіусом 5 дюймів (127 мм) і 10 дюймів (254 мм) у 15 почергових циклах згинання-розгинання після обробки в соляній ємності. Застосовували 15 почергових циклів згинання, оскільки в циклі безперервного відпалювання є, щонайменше, 15 валків, через які повинна пройти смуга.

Таблиця 3

Зразок сталі	Випробування	Властивості композиційного звареного рулону, істотні для проведення відпалювання			Механічні характеристики первинної сталі після відпалювання	
		Здатність до згинання	Міцність зварного шва (%)	Тріщини на зварному шві	UTS (МПа)	YS (МПа)
1	I1	15	80	Немає	1700	1200
2	I2	15	72	Немає	1700	1200
3	I3	15	85	Немає	2000	1200
1	R1	10	55	Є	Не випробовували через тріщини у зварному шві	Не випробовували через тріщини у зварному шві
2	R2	8	45	Є	Не випробовували через тріщини у зварному шві	Не випробовували через тріщини у зварному шві
3	R3	2	30	Є	Не випробовували через тріщини у зварному шві	Не випробовували через тріщини у зварному шві

I = запропоновані винаходом;

R = матеріал для порівняння; підкреслені значення: не відповідають винаходу.

У Таблиці 4 наведені приклади результатів різних стандартних випробувань, проведених, відповідно, на таких мікроскопах, як скануючий електронний мікроскоп, для визначення мікроструктури запропонованої винаходом сталі, а також сталей для порівняння у частках поверхні. Крім того, для ясного тлумачення ознак запропонованого даним винаходом способу, на Фігурі 6 показані тріщини, які утворюються під час зварювання першого поздовжнього елемента на R1 і на Фігурі 7 показаний приклад, який відповідає винаходу, де тріщини відсутні.

Результати викладені тут:

Таблиця 4

Зразок сталі	Випробування	Мартенсит (%)	Залишковий аустеніт + бейніт (%)	Ферит (%)
1	I1	100	0	0
2	I2	100	0	0
3	I3	100	0	0
1	R1	Мікроструктура сталей для порівняння не була досліджена через появу тріщин у зварному шві		
2	R2			
3	R3			

I = запропоновані винаходом;

R = матеріал для порівняння; підкреслені значення: не відповідають винаходу.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

1. Спосіб одержання композиційного рулону, який включає наступні послідовні етапи: одержання первинної сталі у формі холоднокатаного сталевго листа без термообробки, згорнутого в рулон, при цьому вказана первинна сталь містить наступні елементи в кількості, вираженій у мас. %:

$0,1 \leq C \leq 0,4$,

$0,2 \leq Mn \leq 2$,

$0,4 \leq Si \leq 2$,

$0,2 \leq Cr \leq 1$,

$0,01 \leq Al \leq 1$,

$S \leq 0,09$,

$P \leq 0,09$,

$N \leq 0,09$,

інша частина складу - залізо і неминучі домішки;

розгортання щонайменше двох перших зовнішніх витків холоднокатаного сталевго листа без

- термообробки;
 підготовка до зварювання переднього кінця розмотаного витка холоднокатаного сталевго
 листа без термообробки;
 зварювання першого поздовжнього сталнього елемента, який має вміст вуглецю, нижчий, ніж у
 5 холоднокатаного сталевго листа без термообробки, з підготовленим кінцем холоднокатаного
 сталевго листа без термообробки, щоб одержати зварений холоднокатаний сталевий лист;
 потім знову змотують зварений холоднокатаний сталевий лист, щоб незварений кінець став
 зовнішнім витком,
 10 потім розмотують щонайменше два перші зовнішні витки звареного холоднокатаного сталевго
 листа,
 готують до зварювання розмотаний кінець звареного холоднокатаного сталевго листа,
 зварюють другий поздовжній сталний елемент, який має вміст вуглецю, нижчий, ніж у
 холоднокатаного сталевго листа без термообробки, з розмотаним кінцем звареного
 холоднокатаного листа,
 15 потім згортають зварений холоднокатаний сталевий лист, щоб одержати композиційний рулон,
 при цьому перший поздовжній сталевий елемент і другий поздовжній сталевий елемент містять
 наступні компоненти в кількості, вираженій у мас. %:
 $0,001 \leq C \leq 0,25$,
 $0,2 \leq Mn \leq 2$,
 20 $0,01 \leq Si \leq 2$,
 $0,01 \leq Cr \leq 1$,
 $0,01 \leq Al \leq 1$,
 $S \leq 0,09$,
 $P \leq 0,09$,
 25 $N \leq 0,09$.
2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що зварювання здійснюють кожним з наведених
 способів зварювання: дугове зварювання в середовищі інертного газу, дугове зварювання
 вольфрамовим електродом в інертному газі, дугове зварювання електродом, що плавиться в
 інертному газі, лазерне зварювання або дугове зварювання.
- 30 3. Спосіб за п. 1 або 2, який **відрізняється** тим, що ширина першого поздовжнього сталевго
 елемента, другого поздовжнього сталевго елемента й первинної сталі у формі термічно
 необробленого холоднокатаного листа є однаковою.
4. Композиційний рулон, отриманий способом за будь-яким із пп. 1-3, у якому композиційний
 рулон містить щонайменше лист первинної сталі й щонайменше два поздовжні сталні
 35 елементи.
5. Композиційний рулон за п. 4, який **відрізняється** тим, що зварні шви композиційного рулону
 мають міцність зварного шва більше ніж 70 %.
6. Композиційний рулон за п. 4 або 5, який **відрізняється** тим, що зварні шви композиційного
 рулону мають здатність до згинання вище ніж 12 циклів або більше.
- 40 7. Композиційний рулон за п. 6, який **відрізняється** тим, що зварні шви композиційного рулону
 мають здатність до згинання вище ніж 14 циклів або більше.
8. Композиційний рулон за будь-яким із пп. 4-7, який **відрізняється** тим, що первинна сталь
 містить наступні елементи в кількості, вираженій у мас. %:
 $0,1 \leq C \leq 0,4$,
 45 $0,2 \leq Mn \leq 2$,
 $0,4 \leq Si \leq 2$,
 $0,2 \leq Cr \leq 1$,
 $0,01 \leq Al \leq 1$,
 $S \leq 0,09$,
 50 $P \leq 0,09$,
 $N \leq 0,09$,
- і може містити один або кілька наступних необов'язкових елементів:
 $0 \leq Ni \leq 1$
 $0 \leq Cu \leq 1$,
 55 $0 \leq Mo \leq 0,1$,
 $0 \leq Nb \leq 0,1$,
 $0 \leq Ti \leq 0,1$,
 $0 \leq V \leq 0,1$,
 $0,0015 \leq B \leq 0,005$,
 60 $0 \leq Sn \leq 0,1$,

- $0 \leq P_b \leq 0,1$,
 $0 \leq S_b \leq 0,1$,
 $0 \leq C_a \leq 0,1$,
 решта складу - залізо й немінучі домішки.
- 5 9. Композиційний рулон за будь-яким із пп. 4-8, який **відрізняється** тим, що перший поздовжній сталений елемент і другий поздовжній сталений елемент містять наступні елементи в кількості, вираженій у мас. %:
- $0,001 \leq C \leq 0,25$,
 $0,2 \leq Mn \leq 2$,
- 10 $0,01 \leq Si \leq 2$,
 $0,01 \leq Cr \leq 1$,
 $0,01 \leq Al \leq 1$,
 $S \leq 0,09$,
 $P \leq 0,09$,
 $N \leq 0,09$,
- 15 і може містити один або кілька наступних необов'язкових елементів:
- $0 \leq Ni \leq 1$,
 $0 \leq Cu \leq 1$,
 $0 \leq Mo \leq 0,1$,
- 20 $0 \leq Nb \leq 0,1$,
 $0 \leq Ti \leq 0,1$,
 $0 \leq V \leq 0,1$,
 $0,0015 \leq B \leq 0,005$,
 $0 \leq Sn \leq 0,1$,
- 25 $0 \leq P_b \leq 0,1$,
 $0 \leq S_b \leq 0,1$,
 $0 \leq C_a \leq 0,1$,
 решта складу - залізо й немінучі домішки.
- 30 10. Спосіб одержання мартенситного сталевго листа, який має щонайменше 70 % мартенситу й межу міцності на розрив вище ніж 1500 МПа, з композиційного рулону за будь-яким з пп. 4-9, який передбачає наступні послідовні етапи:
- одержання композиційного рулону за будь-яким з пп. 4-9,
 потім проведення відпалювання шляхом нагрівання зазначеного композиційного рулону зі швидкістю більше ніж 2 °C/с до температури витримування між A_{c3} і $A_{c3} + 100$ °C, причому рулон витримують протягом 10-500 секунд;
- 35 потім композиційний рулон охолоджують зі швидкістю більшою ніж 25 °C/с до температури, нижчої, ніж значення M_s , і витримують композиційний рулон протягом часу між 10 і 1000 секунд у діапазоні температур між 150 і 400 °C;
- охолоджують композиційний рулон до кімнатної температури, потім проводять операцію обрізки
 для видалення першого поздовжнього сталевго елемента й другого поздовжнього сталевго елемента й одержання мартенситного сталевго листа.
- 40 11. Мартенситний сталевий лист, отриманий способом за п. 10, у якому склад сталі листа містить наступні елементи в кількості, вираженій у мас. %:
- $0,1 \leq C \leq 0,4$,
 $0,2 \leq Mn \leq 2$,
- 45 $0,4 \leq Si \leq 2$,
 $0,2 \leq Cr \leq 1$,
 $0,01 \leq Al \leq 1$,
 $S \leq 0,09$,
 $P \leq 0,09$,
 $N \leq 0,09$,
- 50 решта складу - залізо й немінучі домішки, причому мікроструктура сталі зазначеного листа містить, у відсотках поверхні, залишковий аустеніт і бейніт, сукупно присутні в кількості 25 % чи менше, при цьому решту мікроструктури щонайменше на 70 % складає мартенсит.
- 55 12. Мартенситний сталевий лист за п. 11, який **відрізняється** тим, що склад його додатково містить у відсотках за масою один або декілька наступних елементів:
- $Ni \leq 1$,
 $Cu \leq 1$,
 $Mo \leq 0,1$,
- 60 $Nb \leq 0,1$,

$Ti \leq 0,1$,
 $V \leq 0,1$,
 $0,0015 \leq B \leq 0,005$,
 $Sn \leq 0,1$,
 $Pb \leq 0,1$,
 $Sb \leq 0,1$,
 $Ca \leq 0,1$.

13. Мартенситний сталевий лист за п. 11 або 12, в якому мікроструктура додатково містить, у відсотках поверхні, 10 % фериту або менше.

14. Мартенситний сталевий лист за будь-яким з пп. 11-13, в якому склад включає від 0,4 до 1,8 % кремнію.

15. Мартенситний сталевий лист за будь-яким з пп. 11-14, який **відрізняється** тим, що його склад включає від 0,2 до 0,4 % вуглецю.

16. Мартенситний сталевий лист за будь-яким із пп. 11-15, який **відрізняється** тим, що його склад включає від 0,01 до 0,5 % алюмінію.

17. Мартенситний сталевий лист за будь-яким із пп. 11-16, який **відрізняється** тим, що його склад включає від 0,2 до 1,5 % марганцю.

18. Мартенситний сталевий лист за будь-яким із пп. 11-17, який **відрізняється** тим, що його склад включає від 0,2 до 0,8 % хрому.

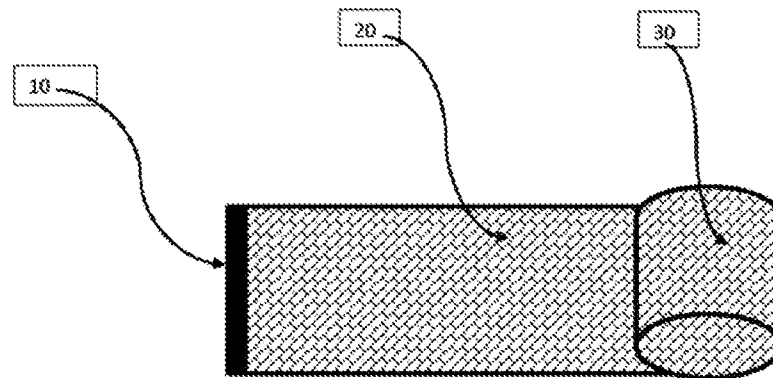
19. Мартенситний сталевий лист за будь-яким із пп. 11-18, який **відрізняється** тим, що частка мартенситу більше або дорівнює 85 %.

20. Мартенситний сталевий лист за будь-яким із пп. 11-19, який **відрізняється** тим, що сума залишкового аустеніту й бейніту перебуває між 1 і 10 %.

21. Мартенситний сталевий лист за будь-яким із пп. 11-20, який **відрізняється** тим, що зазначений лист має межу міцності на розрив 1700 МПа або більше і межу текучості 1000 МПа або більше.

22. Застосування композиційного рулону за будь-яким із пп. 4-9 для виробництва конструкційних деталей транспортного засобу.

23. Застосування мартенситного сталевих листа за будь-яким із пп. 11-21 для виробництва конструкційних деталей транспортного засобу.



Фіг. 1

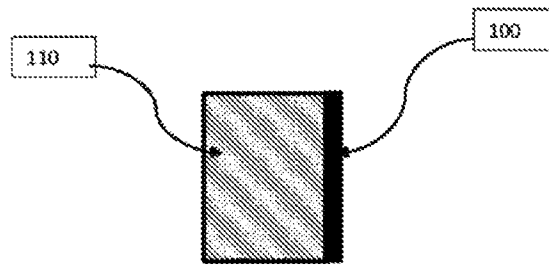


Fig. 2

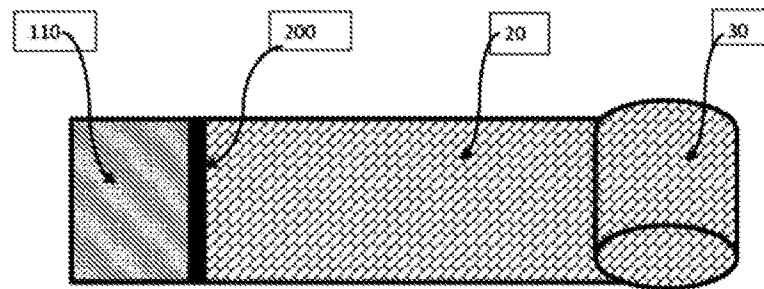


Fig. 3

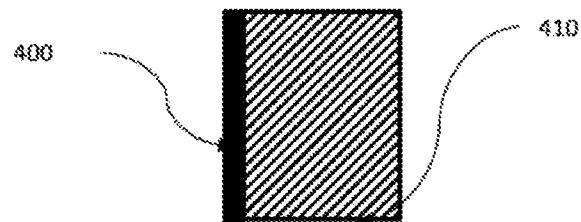


Fig. 4

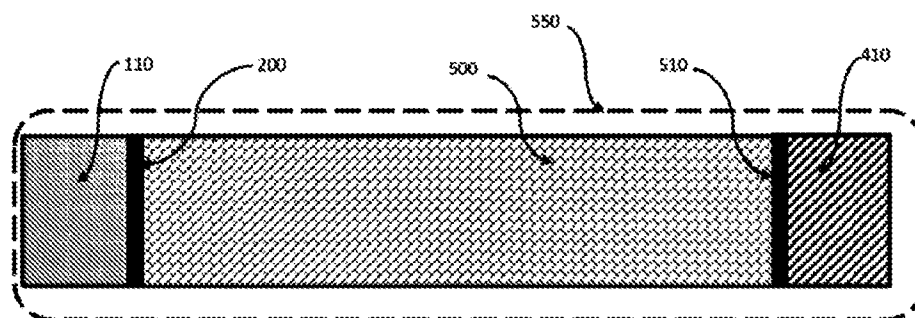
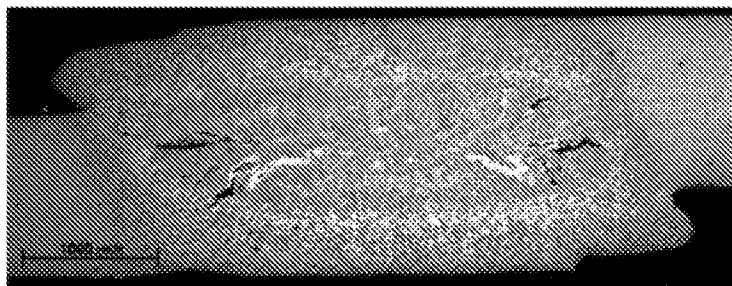
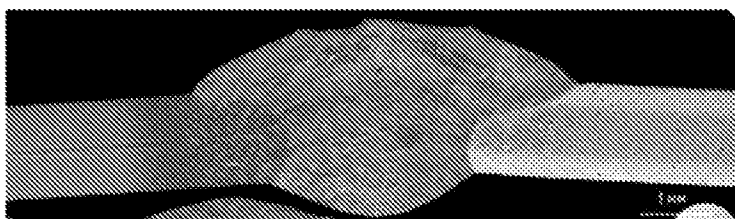


Fig. 5



Фіг. 6



Фіг. 7