



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **127668** (13) **C2**  
(51) МПК (2023.01)

B32B 15/01 (2006.01)  
B21D 22/02 (2006.01)  
C21D 8/02 (2006.01)  
C23C 2/02 (2006.01)  
C23C 2/06 (2006.01)  
C23C 2/12 (2006.01)  
C23C 2/26 (2006.01)  
C23C 2/40 (2006.01)  
C22C 18/04 (2006.01)  
C22C 21/02 (2006.01)  
C22C 21/04 (2006.01)  
C22C 21/08 (2006.01)  
C22C 21/10 (2006.01)  
C22C 38/00  
C22C 38/02 (2006.01)  
C22C 38/04 (2006.01)  
C22C 38/06 (2006.01)  
C22C 38/44 (2006.01)  
C22C 38/48 (2006.01)  
C22C 38/50 (2006.01)  
C22C 38/54 (2006.01)  
C22C 38/58 (2006.01)  
C23C 28/02 (2006.01)  
B23K 103/04 (2006.01)

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

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД**

|                                                                                                          |                        |                                                          |                                                                                                                                                                                                                                             |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| (21) Номер заявки:                                                                                       | а 2021 04826           | (72) Винахідник(и):                                      | Енріон Тома (FR),<br>Жаколо Ронан (FR),<br>Бове Мартен (FR)                                                                                                                                                                                 |
| (22) Дата подання заявки:                                                                                | 23.11.2017             | (73) Володілець (володільці):                            | АРСЕЛОРМІТТАЛ,<br>24-26, Boulevard d'Avranches L-1160<br>Luxembourg (LU)                                                                                                                                                                    |
| (24) Дата, з якої є чинними<br>права інтелектуальної<br>власності:                                       | 23.11.2023             | (74) Представник:                                        | Слободянюк Тарас Олександрович,<br>реєстр. №217                                                                                                                                                                                             |
| (31) Номер попередньої<br>заявки відповідно до<br>Паризької конвенції:                                   | , РСТ/IB2016/057100    | (56) Перелік документів, взятих до уваги<br>експертизою: | WO 2016016707 A1, 04.02.2016<br>UA 97934 C2, 26.03.2012<br>EP 1767659 A1, 28.03.2007<br>EP 2995696 A1, 16.03.2016<br>EP 2728032 A2, 07.05.2014<br>EP 1749895 A1, 07.02.2007<br>WO 2012127125 A1, 27.09.2012<br>US 2003038630 A1, 27.02.2003 |
| (32) Дата подання<br>попередньої заявки<br>відповідно до<br>Паризької конвенції:                         | , 24.11.2016           |                                                          |                                                                                                                                                                                                                                             |
| (33) Код держави-учасниці<br>Паризької конвенції,<br>до якої подано<br>попередню заявку:                 | , IB                   |                                                          |                                                                                                                                                                                                                                             |
| (41) Публікація відомостей<br>про заявку:                                                                | 24.11.2021, Бюл.№ 47   |                                                          |                                                                                                                                                                                                                                             |
| (46) Публікація відомостей<br>про державну<br>реєстрацію:                                                | 22.11.2023, Бюл.№ 47   |                                                          |                                                                                                                                                                                                                                             |
| (62) Номер та дата<br>подання попередньої<br>заявки, з якої виділено<br>заявку, позначену<br>кодом (21): | а201905570, 23.11.2017 |                                                          |                                                                                                                                                                                                                                             |

(54) ГАРЯЧКАТАНА ЛИСТОВА СТАЛЬ ІЗ НАНЕСЕНИМ ПОКРИТТЯМ ДЛЯ ГАРЯЧОГО ШТАМПУВАННЯ, ГАРЯЧЕСТАМПОВАНА СТАЛЕВА ДЕТАЛЬ ІЗ НАНЕСЕНИМ ПОКРИТТЯМ І СПОСОБИ ЇХ ВИГОТОВЛЕННЯ

UA 127668 C2

## (57) Реферат:

Спосіб виготовлення гарячекатаної листової сталі з нанесеним покриттям, яка має товщину, що знаходиться в межах від 1,8 до 5 мм, який включає одержання напівфабрикату, який характеризується композицією, що містить, у масових відсотках:  $0,04 \leq C \leq 0,38$ ,  $0,40 \leq Mn \leq 3$ ,  $0,005 \leq Si \leq 0,70$ ,  $0,005 \leq Al \leq 0,1$ ,  $0,001 \leq Cr \leq 2$ ,  $0,001 \leq Ni \leq 2$ ,  $0,001 \leq Ti \leq 0,2$ ,  $Nb \leq 0,1$ ,  $B \leq 0,010$ ,  $0,0005 \leq N \leq 0,010$ ,  $0,0001 \leq S \leq 0,05$ ,  $0,0001 \leq P \leq 0,1$ ,  $Mo \leq 0,65$ ,  $W \leq 0,30$ ,  $Ca \leq 0,006$ , гарячу прокатку при температурі чистової прокатки FRT для одержання гарячекатаного сталевго виробу, який має товщину, яка знаходиться в межах від 1,8 до 5 мм, після цього охолодження до температури змотування в рулон  $T_{coil}$ , яка задовольняє співвідношенню:  $450 \text{ }^{\circ}\text{C} \leq T_{coil} \leq T_{coilmax}$  при  $T_{coilmax} = 650 - 140 \times f_y$ , при цьому  $T_{coilmax}$  виражають в градусах Цельсія, а  $f_y$  позначає частку аустеніту безпосередньо перед змотуванням в рулон, а змотування в рулон для одержання гарячекатаної сталевго підкладки, травлення і нанесення на гарячекатану сталеву підкладку покриття з Al або сплаву Al в результаті безперервного занурення в розплав у ванні для одержання гарячекатаної листової сталі з нанесеним покриттям, який включає гарячекатану листову сталь і покриття з Al або сплаву Al, має товщину, яка знаходиться в межах від 10 до 33 мкм, на кожній стороні гарячекатаної листової сталі.



Fig. 2

Винахід стосується гарячекатаної листової сталі з нанесеним покриттям для гарячого штампування, яка має товщину, яка знаходиться в межах від 1,8 мм до 5 мм, та яка характеризується високою адгезією покриття після гарячого штампування, і - гарячештампованої сталеві деталі з нанесеним покриттям, щонайменше одна ділянка якої має товщину, яка знаходиться в межах від 1,8 мм до 5 мм, та яка характеризується високою адгезією покриття. Даний винахід також стосується способу виготовлення гарячекатаної листової сталі з нанесеним покриттям для гарячого штампування, яка має товщину, яка знаходиться в межах від 1,8 мм до 5 мм, і способу виготовлення гарячештампованої сталеві деталі з нанесеним покриттям.

У міру збільшення використання високоміцних сталей в галузі автомобілебудування зростає потреба в сталях, які характеризуються як збільшеною міцністю, так і високою здатністю до деформацій. Зростання необхідності економії маси та вимог до безпеки мотивує проведення інтенсивного дослідження нових концепцій автомобільних сталей, які можуть забезпечувати досягнення підвищених пластичності й міцності.

Таким чином, було запропоновано кілька родин сталей, які демонструють різні рівні міцності. В останні роки великого значення набуває використання сталей з нанесеними покриттями в технологічних процесах гарячого штампування, призначених для профілювання деталей, особливо в галузі автомобілебудування.

Листові сталі, з яких у результаті гарячого штампування роблять дані деталі, які мають товщину, яка, у загальному випадку, знаходиться в межах від 0,7 до 2 мм, одержують у результаті гарячої прокатки й, крім того, холодної прокатки.

Крім того, зростає потреба в листових сталях для гарячого штампування, які мають товщину, що становить більше ніж 1,8 мм і навіть більше ніж 3 мм, і яка доходить аж до 5 мм. Такі листові сталі, наприклад, є бажаними для виробництва деталей шасі або важелів підвіски, які аж до теперішнього часу виготовляли способом холодної пресування, або для виробництва деталей, отриманих у результаті гарячого штампування прокатаних до розміру заготовок (ПРЗ).

Однак, листові сталі з нанесеними покриттями для гарячого штампування, що мають товщину, яка становить більше ніж 3 мм, не можуть бути виготовлені способом холодної прокатки. Дійсно існуючі технологічні лінії холодної прокатки не адаптовані для виробництва таких холоднокатаних листових сталей. Крім цього, виробництво холоднокатаних листових сталей з нанесеними покриттями, що мають товщину, яка знаходиться в межах від 1,8 мм до 5 мм, включає використання незначного ступеня обтиснення при холодній прокатці, що є несумісним з рекристалізацією, яка потрібна на стадії відпалювання після холодної прокатки. Таким чином, холоднокатані листові сталі з нанесеними покриттями, які мають товщину, яка знаходиться в межах від 1,8 мм до 5 мм, характеризувалися б недостатньою площинністю, що в результаті приводить, наприклад, до одержання дефектів перекошування під час виробництва зварених складених заготовок.

Тому було запропоноване виробництво листових сталей, які мають більшу товщину, способом гарячої прокатки. Наприклад, у публікації JP 2010-43323 розкривається технологічний процес виготовлення гарячекатаних листових сталей для гарячого штампування, що мають товщину, яка становить більше ніж 1,6 мм.

Однак, як встановили винахідники, при виробництві листових сталей з нанесеним покриттям способом гарячої прокатки адгезія покриття на поверхні сталеві деталі після проведення гарячого штампування є поганою, що призводить до одержання поганої адгезії лакофарбового покриття на гарячештампованій деталі. Адгезію лакофарбового покриття, наприклад, оцінюють в процесі випробування на адгезію вологого лакофарбового покриття.

Крім того, у деяких конкретних випадках товщину покриття до й після гарячого штампування неможливо точно контролювати, так що товщина отриманого покриття виходить за межі потрібного діапазону товщини. Даний цільовий діапазон товщини в загальному випадку знаходиться у межах від 10 мкм до 33 мкм, наприклад, у діапазоні 10-20 мкм, діапазоні 15-33 мкм або діапазоні 20-33 мкм. Дана неконтрольована товщина покриття призводить до поганої зварюваності.

Крім цього, як встановили винахідники відповідно до більш докладного роз'яснення, представленого нижче в даному документі, адгезія покриття може бути поліпшена за певних обставин, які уповільнюють технологічний процес травлення, однак, без поліпшення контролю товщини покриття. Скоріше за даних обставин контроль товщини покриття й отже і зварюваність навіть погіршується і продуктивність технологічної лінії зменшується.

Тому винахід має на меті запропонувати гарячекатану листову сталь з нанесеним покриттям, що має товщину, яка знаходиться в межах від 1,8 мм до 5 мм, і способу її виготовлення, який робить можливим досягнення поліпшеної адгезії покриття після гарячого

штампування при одночасному забезпеченні контролювання товщини покриття гарячекатаної листової сталі з нанесеним покриттям на рівні значення в цільовому діапазоні, особливо в діапазоні, яка знаходиться в межах від 10 до 33 мкм.

Винахід також має на меті запропонувати гарячештамповану сталеву деталь з нанесеним покриттям, щонайменше одна ділянка якої має товщину, яка знаходиться в межах від 1,8 мм до 5 мм, і яка характеризується поліпшеною адгезією покриття, та спосіб її виготовлення. Зрештою, винахід має на меті запропонувати технологічний процес, який не зменшує продуктивність на технологічній лінії травлення.

З цією метою винахід стосується способу виготовлення гарячекатаної листової сталі з нанесеним покриттям, що має товщину, яка знаходиться в межах від 1,8 мм до 5 мм, при цьому згаданий спосіб включає:

- одержання сталевго напівфабрикату, що характеризується композицією, яка включає, у масових відсотках:

0,04≤C≤0,38,  
0,40≤Mn≤3,  
0,005≤Si≤0,70,  
0,005≤Al≤0,1,  
0,001≤Cr≤2,  
0,001≤Ni≤2,  
0,001≤Ti≤0,2,  
Nb≤0,1,  
B≤0,010,  
0,0005≤N≤0,010,  
0,0001≤S≤0,05,  
0,0001≤P≤0,1,  
Mo≤0,65,  
W≤0,30,  
Ca≤0,006,

при цьому решту композиції складає залізо та домішки, які неминуче утворюються у результаті виплавки,

- гарячу прокатку напівфабрикату за температури чистової прокатки FRT таким чином, щоб одержати гарячекатаний сталевий виріб, який має товщину, яка знаходиться в межах від 1,8 мм до 5 мм, після цього

- охолодження гарячекатаного сталевго виробу аж до температури згортання в рулон  $T_{coil}$  і згортання в рулон гарячекатаного сталевго виробу за вказаної температури згортання в рулон  $T_{coil}$  для одержання гарячекатаної листової основи, при цьому температура згортання в рулон  $T_{coil}$  задовольняє співвідношення:

$$450^{\circ}\text{C} \leq T_{coil} \leq T_{coilmax},$$

Де  $T_{coilmax}$  є максимальною температурою згортання в рулон, яка виражається у вигляді:

$$T_{coilmax} = 650 - 140 \times f_{\gamma},$$

при цьому  $T_{coilmax}$  виражають у градусах Цельсія, а  $f_{\gamma}$  позначає частку аустеніту в гарячекатаному сталевому виробі безпосередньо перед згортанням у рулон,

- травлення гарячекатаної листової основи,

- нанесення на гарячекатану сталеву основу покриття з Al або сплаву Al у результаті безперервного занурення в розплав у ванні для одержання гарячекатаної листової сталі з нанесеним покриттям, що включає гарячекатану листову сталь і покриття з Al або сплаву Al, що має товщину, яка знаходиться в межах від 10 до 33 мкм, на кожній стороні гарячекатаної листової сталі.

Відповідно до одного варіанта здійснення рівень вмісту Ni становить щонайбільше 0,1 %.

У даному варіанті здійснення композиція містить, у масових відсотках:

0,04≤C≤0,38,  
0,40≤Mn≤3,  
0,005≤Si≤0,70,  
0,005≤Al≤0,1,  
0,001≤Cr≤2,  
0,001≤Ni≤0,1,  
0,001≤Ti≤0,2,  
Nb≤0,1,  
B≤0,010,

- $0,0005 \leq N \leq 0,010$ ,  
 $0,0001 \leq S \leq 0,05$ ,  
 $0,0001 \leq P \leq 0,1$ ,  
 $Mo \leq 0,65$ ,  
 $W \leq 0,30$ ,  
 $Ca \leq 0,006$ ,  
 при цьому решту композиції складають залізо та домішки, які неминуче утворюються у  
 результаті виплавки.
- Бажано композиція містить, у масових відсотках:
- $0,04 \leq C \leq 0,38$ ,  
 $0,5 \leq Mn \leq 3$ ,  
 $0,005 \leq Si \leq 0,5$ ,  
 $0,005 \leq Al \leq 0,1$ ,  
 $0,001 \leq Cr \leq 1$ ,  
 $0,001 \leq Ni \leq 0,1$ ,  
 $0,001 \leq Ti \leq 0,2$ ,  
 $Nb \leq 0,1$ ,  
 $B \leq 0,010$ ,  
 $0,0005 \leq N \leq 0,010$ ,  
 $0,0001 \leq S \leq 0,05$ ,  
 $0,0001 \leq P \leq 0,1$ ,  
 $Mo \leq 0,10$ ,  
 $Ca \leq 0,006$ ,  
 при цьому решту композиції складають залізо та домішки, які неминуче утворюються у  
 результаті виплавки.
- Бажано температура чистової прокатки FRT перебуває в межах від 840 °C до 1000 °C.  
 Відповідно до одного варіанта здійснення, композиція є такою, що  $0,075 \leq C \leq 0,38$ .  
 Відповідно до одного конкретного варіанта здійснення сталь характеризується наступним  
 хімічним складом, у масових відсотках:
- $0,040 \leq C \leq 0,100$ ,  
 $0,80 \leq Mn \leq 2,0$ ,  
 $0,005 \leq Si \leq 0,30$ ,  
 $0,010 \leq Al \leq 0,070$ ,  
 $0,001 \leq Cr \leq 0,10$ ,  
 $0,001 \leq Ni \leq 0,10$ ,  
 $0,03 \leq Ti \leq 0,08$ ,  
 $0,015 \leq Nb \leq 0,1$ ,  
 $0,0005 \leq N \leq 0,009$ ,  
 $0,0001 \leq S \leq 0,005$ ,  
 $0,0001 \leq P \leq 0,030$ ,  
 $Mo \leq 0,10$ ,  
 $Ca \leq 0,006$ ,  
 при цьому решту композиції складають залізо та домішки, які неминуче утворюються у  
 результаті виплавки.
- Відповідно до ще одного конкретного варіанта здійснення сталь характеризується  
 наступним хімічним складом, у масових відсотках:
- $0,062 \leq C \leq 0,095$ ,  
 $1,4 \leq Mn \leq 1,9$ ,  
 $0,2 \leq Si \leq 0,5$ ,  
 $0,020 \leq Al \leq 0,070$ ,  
 $0,02 \leq Cr \leq 0,1$ ,  
 $де 1,5 \leq (C + Mn + Si + Cr) \leq 2,7$ ,  
 $3,4 \times N \leq Ti \leq 8 \times N$ ,  
 $0,04 \leq Nb \leq 0,06$ ,  
 де  $0,044 \leq (Nb + Ti) \leq 0,09$ ,  
 $0,0005 \leq B \leq 0,004$ ,  
 $0,001 \leq N \leq 0,009$ ,

$0,0005 \leq S \leq 0,003$ ,

$0,001 \leq P \leq 0,020$

і необов'язково  $0,0001 \leq Ca \leq 0,006$ ,

5 при цьому решту композиції складають залізо та домішки, які неминуче утворюються у результаті виплавки.

Відповідно до ще одного конкретного варіанта здійснення сталь характеризується наступним хімічним складом, у масових відсотках:

$0,15 \leq C \leq 0,38$ ,

$0,5 \leq Mn \leq 3$ ,

10  $0,10 \leq Si \leq 0,5$ ,

$0,005 \leq Al \leq 0,1$ ,

$0,01 \leq Cr \leq 1$ ,

$0,001 \leq Ti \leq 0,2$ ,

$0,0005 \leq B \leq 0,010$ ,

15  $0,0005 \leq N \leq 0,010$ ,

$0,0001 \leq S \leq 0,05$ ,

$0,0001 \leq P \leq 0,1$ ,

при цьому решту композиції складають залізо та домішки, які неминуче утворюються у результаті виплавки.

20 Відповідно до ще одного конкретного варіанта здійснення сталь характеризується наступним хімічним складом, у масових відсотках:

$0,24 \leq C \leq 0,38$ ,

$0,40 \leq Mn \leq 3$ ,

$0,10 \leq Si \leq 0,70$ ,

25  $0,015 \leq Al \leq 0,070$ ,

$0,001 \leq Cr \leq 2$ ,

$0,25 \leq Ni \leq 2$ ,

$0,015 \leq Ti \leq 0,1$ ,

$0 \leq Nb \leq 0,06$ ,

30  $0,0005 \leq B \leq 0,0040$ ,

$0,003 \leq N \leq 0,010$ ,

$0,0001 \leq S \leq 0,005$ ,

$0,0001 \leq P \leq 0,025$ ,

при цьому рівні вмісту титану й азоту відповідають наступному співвідношенню:

35  $Ti/N > 3,42$ ,

причому рівні вмісту вуглецю, марганцю, хрому й кремнію відповідають наступному співвідношенню:

$$2,6C + \frac{Mn}{5,3} + \frac{Cr}{13} + \frac{Si}{15} \geq 1,1\%$$

40 при цьому хімічний склад необов'язково включає один з декількох наступних елементів, у масових відсотках:

$0,05 \leq Mo \leq 0,65$ ,

$0,001 \leq W \leq 0,30$ ,

$0,0005 \leq Ca \leq 0,005$ ,

45 причому залишок композиції складається із заліза та домішки, які неминуче утворюються у результаті виплавки.

Бажано після травлення й до нанесення поверхневого покриття рівень процентного вмісту порожнин у поверхневій області гарячекатаної сталеві основи становить менше ніж 30, при цьому поверхневу область визначають як область поверхні, яка простягається від верхньої точки гарячекатаної сталеві основи на глибину в 15 мкм від даної верхньої точки.

50 Бажано гарячекатана листова сталь характеризується глибиною окислення на межі зерен, яка становить менше ніж 4 мкм.

Відповідно до одного варіанта здійснення ванна містить у масових відсотках від 8 % до 11 % кремнію й від 2 % до 4 % заліза, при цьому залишком є алюміній або алюмінієвий сплав і домішки, властиві для переробки.

55 Відповідно до ще одного варіанта здійснення ванна містить у масових відсотках від 0,1 % до 10 % магнію, від 0,1 % до 20 % алюмінію, при цьому залишком є Zn або сплав Zn, необов'язкові

додаткові елементи, такі як Si, Sb, Pb, Ti, Ca, Mn, Sn, La, Ce, Cr, Ni, Zr і/або Bi, і домішки, властиві для переробки.

Відповідно до ще одного варіанта здійснення ванна містить у масових відсотках від 2,0 % до 24,0 % цинку, від 7,1 % до 12,0 % кремнію, необов'язково від 1,1 % до 8,0 % магнію й  
5 необов'язково додаткові елементи, вибрані з-поміж Pb, Ni, Zr або Hf, при цьому рівень вмісту кожного додаткового елемента менший на 0,3 %, причому залишком є алюміній і немінучі домішки й залишкові елементи, при цьому співвідношення Al/Zn становить більше ніж 2,9.

Відповідно до ще одного варіанта здійснення ванна містить у масових відсотках від 4,0 % до 20,0 % цинку, від 1 % до 3,5 % кремнію, необов'язково від 1,0 % до 4,0 % магнію й необов'язково  
10 додаткові елементи, вибрані з-поміж Pb, Ni, Zr або Hf, при цьому рівень вмісту кожного додаткового елемента менший на 0,3 %, причому залишком є алюміній і немінучі домішки й залишкові елементи, при цьому співвідношення Zn/Si знаходиться в межах від 3,2 до 8,0.

Відповідно до ще одного варіанта здійснення ванна містить у масових відсотках від 2,0 % до 24,0 % цинку, від 1,1 % до 7,0 % кремнію, необов'язково від 1,1 % до 8,0 % магнію при кількості  
15 кремнію, яка знаходиться в діапазоні від 1,1 до 4,0 %, і необов'язково додаткові елементи, вибрані з-поміж Pb, Ni, Zr або Hf, при цьому рівень вмісту кожного додаткового елемента менший на 0,3 %, причому залишком є алюміній і немінучі домішки й залишкові елементи, при цьому співвідношення Al/Zn становить більше ніж 2,9.

Відповідно до одного варіанта здійснення способу, крім того, передбачає після нанесення на  
20 гарячекатану листову сталь покриття з Al або сплаву Al стадію осадження покриття з Zn на покриття з Al або сплаву Al у результаті дифузійного насичення, у результаті електроосадження або в результаті струменевого нанесення осадженням пари зі швидкістю звуку, при цьому покриття з Zn має товщину, меншу або рівну 1,1 мкм.

Бажано травлення проводять у ванні HCl протягом часу, який складає в межах від 15 до 65  
25 с.

В одному варіанті здійснення гарячекатана листову сталь має структуру, утворену з фериту й перліту.

Винахід також стосується способу виготовлення гарячекатаної листової сталі з нанесеним покриттям, яке має товщину, яка знаходиться в межах від 1,8 мм до 5 мм, при цьому згаданий  
30 спосіб передбачає:

- одержання сталевого напівфабрикату, що характеризується композицією, яка включає, у масових відсотках:

або  $0,24 \leq C \leq 0,38$  і  $0,40 \leq Mn \leq 3$ ,

або  $0,38 \leq C \leq 0,43$  і  $0,05 \leq Mn \leq 0,40$ ,

35  $0,10 \leq Si \leq 0,70$ ,

$0,015 \leq Al \leq 0,070$ ,

$0,001 \leq Cr \leq 2$ ,

$0,25 \leq Ni \leq 2$ ,

$0,015 \leq Ti \leq 0,1$ ,

40  $0 \leq Nb \leq 0,06$ ,

$0,0005 \leq B \leq 0,0040$ ,

$0,003 \leq N \leq 0,010$ ,

$0,0001 \leq S \leq 0,005$ ,

$0,0001 \leq P \leq 0,025$ ,

45 при цьому рівні вмісту титану й азоту відповідають наступному співвідношенню:

$Ti/N > 3,42$ ,

причому рівні вмісту вуглецю, марганцю, хрому й кремнію відповідають наступному співвідношенню:

$$2,6C + \frac{Mn}{5,3} + \frac{Cr}{13} + \frac{Si}{15} \geq 1,1\%$$

50 при цьому хімічний склад необов'язково включає один з декількох наступних елементів, у масових відсотках:

$0,05 \leq Mo \leq 0,65$ ,

$0,001 \leq W \leq 0,30$ ,

$0,0005 \leq Ca \leq 0,005$ ,

55 причому решту композиції складають залізо та домішки, які немінуче утворюються у результаті виплавки,

- гарячу прокатку сталевго напівфабрикату за температури чистової прокатки FRT, яка знаходиться в межах від 840 °C до 1000 °C, таким чином, щоб одержати гарячекатаний сталевий виріб, який має товщину, яка знаходиться в межах від 1,8 мм до 5 мм, після цього

5 - охолодження гарячекатаного сталевго виробу аж до температури згортання в рулон  $T_{coil}$  і згортання в рулон гарячекатаного сталевго виробу за вказаної температури згортання в рулон  $T_{coil}$  для одержання гарячекатаної сталевго основи, при цьому температура згортання в рулон  $T_{coil}$  відповідає співвідношенню:

$$450 \leq T_{coil} \leq 495 \text{ } ^\circ\text{C},$$

10 - травлення гарячекатаної сталевго основи,

- нанесення на гарячекатану сталеву основу покриття з Al або сплаву Al у результаті безперервного занурення в розплав у ванні для одержання гарячекатаної листової сталі з нанесеним покриттям, що включає гарячекатану листову сталь і покриття з Al або сплаву Al, що має товщину, яка знаходиться в межах від 10 до 33 мкм, на кожній стороні гарячекатаної листової сталі.

15 Бажано після травлення й до нанесення поверхневого покриття рівень процентного вмісту порожнин у поверхневій області гарячекатаної сталевго основи становить менше ніж 30, при цьому поверхневу область визначають як область поверхні, яка простягається від верхньої точки, гарячекатаної сталевго основи на глибину в 15 мкм від даної верхньої точки.

20 Бажано гарячекатана листова сталь характеризується глибиною окислення на межі зерен, що становить менше ніж 4 мкм.

В одному варіанті здійснення гарячекатана листова сталь має структуру, утворену з фериту й перліту.

Винахід також стосується гарячекатаної листової сталі з нанесеним покриттям, що включає:

25 - гарячекатану листову сталь, яка має товщину, яка знаходиться в межах від 1,8 мм до 5 мм, композиція якої включає, у масових відсотках:

$$0,04 \leq C \leq 0,38,$$

$$0,40 \leq Mn \leq 3,$$

$$0,005 \leq Si \leq 0,70,$$

$$0,005 \leq Al \leq 0,1,$$

30  $0,001 \leq Cr \leq 2,$

$$0,001 \leq Ni \leq 2,$$

$$0,001 \leq Ti \leq 0,2,$$

$$Nb \leq 0,1,$$

$$B \leq 0,010,$$

35  $0,0005 \leq N \leq 0,010,$

$$0,0001 \leq S \leq 0,05,$$

$$0,0001 \leq P \leq 0,1,$$

$$Mo \leq 0,65,$$

$$W \leq 0,30,$$

40  $Ca \leq 0,006,$

при цьому решту композиції складають залізо та домішки, які неминуче утворюються у результаті виплавки,

причому згадана гарячекатана листова сталь характеризується глибиною окислення на межі зерен, що становить менше ніж 4 мкм,

45 - покриття з Al або сплаву Al, що має товщину, яка знаходиться в межах від 10 до 33 мкм, на кожній стороні гарячекатаної листової сталі.

Відповідно до одного варіанта здійснення композиція є такою, що  $Ni \leq 0,1 \%$ .

У даному варіанті здійснення композиція бажано включає, у масових відсотках:

$$0,04 \leq C \leq 0,38,$$

50  $0,5 \leq Mn \leq 3,$

$$0,005 \leq Si \leq 0,5,$$

$$0,005 \leq Al \leq 0,1,$$

$$0,001 \leq Cr \leq 1,$$

$$0,001 \leq Ni \leq 0,1,$$

55  $0,001 \leq Ti \leq 0,2,$

$$Nb \leq 0,1,$$

$$B \leq 0,010,$$

$$0,0005 \leq N \leq 0,010,$$

$$0,0001 \leq S \leq 0,05,$$

$$0,0001 \leq P \leq 0,1,$$

$$Mo \leq 0,10,$$

$$Ca \leq 0,006,$$

5 при цьому решту композиції складають залізо та домішки, які неминуче утворюються у результаті виплавки.

Відповідно до одного варіанта здійснення композиція є такою, що  $0,075 \leq C \leq 0,38$ .

Відповідно до одного конкретного варіанта здійснення сталь характеризується наступним хімічним складом, у масових відсотках:

$$0,040 \leq C \leq 0,100,$$

$$10 \quad 0,80 \leq Mn \leq 2,0,$$

$$0,005 \leq Si \leq 0,30,$$

$$0,010 \leq Al \leq 0,070,$$

$$0,001 \leq Cr \leq 0,10,$$

$$0,001 \leq Ni \leq 0,10,$$

$$15 \quad 0,03 \leq Ti \leq 0,08,$$

$$0,015 \leq Nb \leq 0,1,$$

$$0,0005 \leq N \leq 0,009,$$

$$0,0001 \leq S \leq 0,005,$$

$$0,0001 \leq P \leq 0,030,$$

$$20 \quad Mo \leq 0,10,$$

$$Ca \leq 0,006,$$

при цьому решту композиції складають залізо та домішки, які неминуче утворюються у результаті виплавки.

25 Відповідно до ще одного конкретного варіанта здійснення сталь характеризується наступним хімічним складом, у масових відсотках:

$$0,062 \leq C \leq 0,095,$$

$$1,4 \leq Mn \leq 1,9,$$

$$0,2 \leq Si \leq 0,5,$$

$$0,020 \leq Al \leq 0,070,$$

$$30 \quad 0,02 \leq Cr \leq 0,1,$$

$$\text{де } 1,5 \leq (C + Mn + Si + Cr) \leq 2,7,$$

$$3,4 \times N \leq Ti \leq 8 \times N,$$

$$0,04 \leq Nb \leq 0,06,$$

$$\text{де } 0,044 \leq (Nb + Ti) \leq 0,09,$$

$$35 \quad 0,0005 \leq B \leq 0,004,$$

$$0,001 \leq N \leq 0,009,$$

$$0,0005 \leq S \leq 0,003,$$

$$0,001 \leq P \leq 0,020$$

$$\text{і необов'язково } 0,0001 \leq Ca \leq 0,006,$$

40 при цьому решту композиції складають залізо та домішки, які неминуче утворюються у результаті виплавки.

Відповідно до ще одного конкретного варіанта здійснення сталь характеризується наступним хімічним складом, у масових відсотках:

$$0,15 \leq C \leq 0,38,$$

$$45 \quad 0,5 \leq Mn \leq 3,$$

$$0,10 \leq Si \leq 0,5,$$

$$0,005 \leq Al \leq 0,1,$$

$$0,01 \leq Cr \leq 1,$$

$$0,001 \leq Ti \leq 0,2,$$

$$50 \quad 0,0005 \leq B \leq 0,010,$$

$$0,0005 \leq N \leq 0,010,$$

$$0,0001 \leq S \leq 0,05,$$

$$0,0001 \leq P \leq 0,1,$$

55 при цьому решту композиції складають залізо та домішки, які неминуче утворюються у результаті виплавки.

Відповідно до ще одного конкретного варіанта здійснення сталь характеризується наступним хімічним складом, у масових відсотках:

$$0,24 \leq C \leq 0,38,$$

- 0,40≤Mn≤3,  
0,10≤Si≤0,70,  
0,015≤Al≤0,070,  
0,001≤Cr≤2,  
5 0,25≤Ni≤2,  
0,015≤Ti≤0,1,  
0≤Nb≤0,06,  
0,0005≤B≤0,0040,  
0,003≤N≤0,010,  
10 0,0001≤S≤0,005,  
0,0001≤P≤0,025,  
при цьому рівні вмісту титану й азоту відповідають наступному співвідношенню:  
Ti/N>3,42,  
причому рівні вмісту вуглецю, марганцю, хрому й кремнію відповідають наступному  
15 співвідношенню:  
$$2,6C + \frac{Mn}{5,3} + \frac{Cr}{13} + \frac{Si}{15} \geq 1,1\%$$
,  
при цьому хімічний склад необов'язково включає один з декількох наступних елементів, у  
масових відсотках:  
0,05≤Mo≤0,65,  
20 0,001≤W≤0,30,  
0,0005≤Ca≤0,005,  
причому решту композиції складають залізо та домішки, які неминуче утворюються у  
результаті виплавки.  
Бажано покриття включає інтерметалічний шар, який має товщину, яка становить  
25 щонайбільше 15 мкм, тобто, меншу або рівну 15 мкм.  
Відповідно до одного варіанта здійснення, гарячекатана листова сталь із нанесеним  
покриттям, крім того, включає на кожній стороні покриття з Zn, яке має товщину, меншу або  
рівну 1,1 мкм.  
В одному варіанті здійснення гарячекатана листова сталь має ферито-перлітну структуру,  
30 тобто, структуру, утворену феритом й перлітом.  
Винахід також стосується гарячекатаної листової сталі з нанесеним покриттям, що включає:  
- гарячекатану листову сталь, що має товщину, яка знаходиться в межах від 1,8 мм до 5 мм,  
композиція якої включає, у масових відсотках:  
або 0,24≤C≤0,38 і 0,40≤Mn≤3,  
35 або 0,38≤C≤0,43 і 0,05≤Mn≤0,40,  
0,10≤Si≤0,70,  
0,015≤Al≤0,070,  
0,001≤Cr≤2,  
0,25≤Ni≤2,  
40 0,015≤Ti≤0,1,  
0≤Nb≤0,06,  
0,0005≤B≤0,0040,  
0,003≤N≤0,010,  
0,0001≤S≤0,005,  
45 0,0001≤P≤0,025,  
при цьому рівні вмісту титану й азоту відповідають наступному співвідношенню:  
Ti/N>3,42,  
причому рівні вмісту вуглецю, марганцю, хрому й кремнію відповідають наступному  
співвідношенню:  
$$2,6C + \frac{Mn}{5,3} + \frac{Cr}{13} + \frac{Si}{15} \geq 1,1\%$$
,  
50 при цьому хімічний склад необов'язково включає один з декількох наступних елементів, у  
масових відсотках:  
0,05≤Mo≤0,65,  
0,001≤W≤0,30,

$0,0005 \leq \text{Ca} \leq 0,005$ ,  
причому решту композиції складають залізо та домішки, які неминуче утворюються у результаті виплавки,

при цьому згадана гарячекатана листова сталь характеризується глибиною окислення на межі зерен, що становить менше ніж 4 мкм,

- покриття з Al або сплаву Al, що має товщину, яка знаходиться в межах від 10 до 33 мкм, на кожній стороні гарячекатаної листової сталі.

Бажано покриття включає інтерметалічний шар, який має товщину, яка становить щонайбільше 15 мкм, тобто, меншу або рівну 15 мкм.

Відповідно до одного варіанта здійснення гарячекатаної листової сталі із нанесеним покриттям, крім того, включає на кожній стороні покриття з Zn, яке має товщину, меншу або рівну 1,1 мкм.

В одному варіанті здійснення гарячекатаної сталі має ферито-перлітну структуру, тобто, структуру, яка складається з фериту й перліту.

Винахід також стосується способу виготовлення гарячештампованої сталевих деталі з нанесеним покриттям, який включає стадії:

- одержання запропонованої винаходом гарячекатаної листової сталі з нанесеним покриттям, або виготовленої з використанням запропонованого винаходом способу,

- розрізання гарячекатаної листової сталі з нанесеним покриттям для одержання заготовки,

- нагрівання заготовки в печі до температури  $T_c$  для одержання нагрітої заготовки,

- переміщення нагрітої заготовки в матрицю штампа й гаряче штампування нагрітої заготовки в матриці штампа для одержання, таким чином, гарячештампованої заготовки,

- охолодження гарячештампованої заготовки до температури, що становить менше ніж 400 °C, для одержання гарячештампованої сталевих деталі з нанесеним покриттям.

Відповідно до одного варіанта здійснення після розрізання гарячекатаної листової сталі з нанесеним покриттям для одержання заготовки й до нагрівання заготовки до температури  $T_c$  заготовку зварюють з ще однією заготовкою, виготовленою зі сталі, що характеризується композицією, яка включає, у масових відсотках:

$0,04 \leq C \leq 0,38$ ,

$0,40 \leq \text{Mn} \leq 3$ ,

$0,005 \leq \text{Si} \leq 0,70$ ,

$0,005 \leq \text{Al} \leq 0,1$ ,

$0,001 \leq \text{Cr} \leq 2$ ,

$0,001 \leq \text{Ni} \leq 2$ ,

$0,001 \leq \text{Ti} \leq 0,2$ ,

$\text{Nb} \leq 0,1$ ,

$\text{B} \leq 0,010$ ,

$0,0005 \leq \text{N} \leq 0,010$ ,

$0,0001 \leq \text{S} \leq 0,05$ ,

$0,0001 \leq \text{P} \leq 0,1$ ,

$\text{Mo} \leq 0,65$ ,

$\text{W} \leq 0,30$ ,

$\text{Ca} \leq 0,006$ ,

при цьому решту композиції складають залізо та домішки, які неминуче утворюються у результаті виплавки.

Бажано згадана інша заготовка характеризується композицією, в якій  $\text{Ni} \leq 0,1$  %.

Відповідно до ще одного варіанта здійснення після розрізання гарячекатаної листової сталі з нанесеним покриттям для одержання заготовки й до нагрівання заготовки до температури  $T_c$  заготовку зварюють із ще однією заготовкою, виготовленою зі сталі, яка характеризується композицією, що містить, у масових відсотках:

або  $0,24 \leq C \leq 0,38$  і  $0,40 \leq \text{Mn} \leq 3$ ,

або  $0,38 \leq C \leq 0,43$  і  $0,05 \leq \text{Mn} \leq 0,40$ ,

$0,10 \leq \text{Si} \leq 0,70$ ,

$0,015 \leq \text{Al} \leq 0,070$ ,

$0,001 \leq \text{Cr} \leq 2$ ,

$0,25 \leq \text{Ni} \leq 2$ ,

$0,015 \leq \text{Ti} \leq 0,1$ ,

$0 \leq \text{Nb} \leq 0,06$ ,

$0,0005 \leq \text{B} \leq 0,0040$ ,

0,003≤N≤0,010,  
0,0001≤S≤0,005,  
0,0001≤P≤0,025,  
при цьому рівні вмісту титану й азоту відповідають наступному співвідношенню:  
5 Ti/N>3,42,

причому рівні вмісту вуглецю, марганцю, хрому й кремнію відповідають наступному співвідношенню:

$$2,6C + \frac{Mn}{5,3} + \frac{Cr}{13} + \frac{Si}{15} \geq 1,1\%$$

при цьому хімічний склад необов'язково включає один з декількох наступних елементів, у масових відсотках:

0,05≤Mo≤0,65,  
0,001≤W≤0,30,  
0,0005≤Ca≤0,005,

причому решту композиції складають залізо та домішки, які неминує утворюються у результаті виплавки.

Винахід також стосується гарячештампованої сталеві деталі з нанесеним покриттям, яка включає щонайменше одну ділянку, що має товщину, яка знаходиться в межах від 1,8 мм до 5 мм, при цьому згадана гарячештампована сталева деталь із нанесеним покриттям має покриття з Al або сплаву Al, причому покриття характеризується процентним рівнем вмісту поверхневих пористостей, меншим або рівним 3 %.

Відповідно до одного варіанта здійснення згадану ділянку виготовляють зі сталі, яка характеризується композицією, що включає, у масових відсотках:

0,04 ≤C≤0,38,  
0,40≤Mn≤3,  
0,005≤Si≤0,70,  
0,005≤Al≤0,1,  
0,001≤Cr≤2,  
0,001≤Ni≤2,  
0,001≤Ti≤0,2,

Nb≤0,1,  
B≤0,010,  
0,0005≤N≤0,010,  
0,0001≤S≤0,05,  
0,0001≤P≤0,1,

Mo≤0,65,  
W≤0,30,  
Ca≤0,006,

при цьому решту композиції складають залізо та домішки, які неминує утворюються у результаті виплавки.

Відповідно до одного варіанта здійснення композиція сталі на згаданій ділянці є такою, що в ній Ni≤0,1 %.

У ще одному варіанті здійснення згадану ділянку виготовляють зі сталі, яка характеризується композицією, яка включає, у масових відсотках:

або 0,24≤C≤0,38 і 0,40≤Mn≤3,  
або 0,38≤C≤0,43 і 0,05≤Mn≤0,40,  
0,10≤Si≤0,70,  
0,015≤Al≤0,070,  
0,001≤Cr≤2,  
0,25≤Ni≤2,

0,015≤Ti≤0,1,  
0≤Nb≤0,06,  
0,0005≤B≤0,0040,  
0,003≤N≤0,010,  
0,0001≤S≤0,005,

0,0001≤P≤0,025,

при цьому рівні вмісту титану й азоту відповідають наступному співвідношенню:

$Ti/N > 3,42$ ,  
причому рівні вмісту вуглецю, марганцю, хрому й кремнію відповідають наступному співвідношенню:

$$2,6C + \frac{Mn}{5,3} + \frac{Cr}{13} + \frac{Si}{15} \geq 1,1\%$$

5 при цьому хімічний склад необов'язково включає один з декількох наступних елементів, у масових відсотках:

$$\begin{aligned} 0,05 \leq Mo \leq 0,65, \\ 0,001 \leq W \leq 0,30, \\ 0,0005 \leq Ca \leq 0,005, \end{aligned}$$

10 причому решту композиції складають залізо та домішки, які неминуче утворюються у результаті виплавки.

Винахід також стосується використання запропонованої винаходом гарячештампованої сталевий деталі з нанесеним покриттям, або виготовленої з використанням запропонованого винаходом способу, для виготовлення деталей шасі або нефарбованого кузова або важелів підвіски для автомобільних транспортних засобів.

Надалі винахід буде описано докладно й проілюстровано з використанням не обмежуючих прикладів із посиленнями на додані фігури, серед яких:

- Фігура 1 зображає поперечний переріз деталі з гарячекатаної сталі з нанесеним покриттям та ілюструє оцінку адгезії покриття після гарячого штампування,

20 - Фігура 2 зображає поперечний переріз гарячекатаної сталевий основи до нанесення покриття й гарячого штампування визначення та ілюструє процентний рівень вмісту поверхневих порожнин на поверхні гарячекатаної сталевий основи.

Під термінами "гарячекатаний сталевий виріб", "гарячекатана сталева основа", "гарячекатана листова сталь" або "деталь із гарячекатаної сталі" необхідно розуміти те, що 25 виріб, основа, лист або деталь зазнають гарячої а не холодної прокатки.

Даний винахід стосується гарячекатаної листовий сталі, яка додатково не піддавалась холодної прокатці.

Гарячекатані листи або основи відрізняються від холоднокатаних листів або основ за наступними ознаками: у загальному випадку стадії гарячої й холодної прокатки створюють певні пошкодження біля часток іншої фази внаслідок відмінностей реологічної поведінки між матрицею й частками іншої фази (оксидами, сульфідами, нітридами, карбідами ...). У випадку холодної прокатки може відбуватися зародження й ріст порожнин в області цементиту, карбідів або перліту. Крім того, частки можуть бути фрагментованими. Дане пошкодження може спостерігатися на листах, які розрізають і підготовляють шляхом полірування іонним пучком. 30 Дана методика дозволяє уникати появи артефактів внаслідок текучості металу при механічному поліруванні, яке може частково або повністю заповнювати можливі порожнини. Додаткове спостереження наявності можливих порожнин проводять за допомогою скануючої електронної мікроскопії. У порівнянні з гарячекатаною листовою сталлю, прокатою в аустенітному діапазоні, локальне ушкодження, яке спостерігається в області або всередині часток цементиту, може бути конкретно приписане холодної прокатці, оскільки дані частки відсутні на стадії гарячої прокатки. Таким чином, пошкодження, яке спостерігається всередині або в області цементиту, карбідів або перліту в прокатаній листовий сталі, є показником того, чи піддавалась листова 40 сталь холодної прокатці.

Також, у подальшому викладі термін "гарячекатана сталева основа" буде позначати гарячекатаний сталевий виріб, який виготовляють із застосуванням способу виготовлення до стадії нанесення будь-якого покриття, а термін "гарячекатана листова сталь із нанесеним покриттям" буде позначати виріб, одержаний в результаті здійснення способу виготовлення, який включає стадію нанесення покриття. Тому гарячекатана листова сталь із нанесеним покриттям є результатом нанесення покриття на гарячекатану сталеву основу й включає 50 сталевий виріб і покриття на кожній стороні сталевий виробу.

Щоб розрізнити сталевий виріб з гарячекатаної листовий сталі з нанесеним покриттям (тобто, включаючи покриття) і гарячекатану сталеву основу до нанесення покриття, сталевий виріб з гарячекатаної листовий сталі з нанесеним покриттям нижче в даному документі буде позначатись терміном "гарячекатана листова сталь".

55 Гарячекатані сталеві основи в загальному випадку виготовляють зі сталевий напівфабрикату, який піддають нагріванню, гарячій прокатці для одержання потрібної товщини, охолодженню до температури згортання в рулон  $T_{coil}$ , згортанню в рулон за температури згортання в рулон  $T_{coil}$  і травленню для того, щоб виключити наявність окалини.

Після цього на гарячекатані сталеві основи можуть бути нанесені покриття для створення гарячекатаних листових сталей з нанесеними покриттями, які призначені для розрізання, нагрівання в печі, гарячого штампування й охолодження до кімнатної температури для одержання бажаної структури.

5 Винахідники досліджували проблему недостатньої адгезії покриття після проведення гарячого штампування й установили, що дана недостатність адгезії головним чином має місце на частинах листів, які розташовувалися в серцевині й області поздовжньої осі рулону під час згортання в рулон.

10 Винахідники додатково досліджували дане явище й установили, що недостатність адгезії покриття після гарячого штампування обумовлюється окисненням на межі зерен, яке виникає під час згортання в рулон.

Зокрема, безпосередньо перед згортанням у рулон сталь містить аустеніт. Після згортання в рулон частина аустеніту перетворюється на ферит і перліт з виділенням тепла. Тепло, яке при цьому виділяється, приводить до збільшення температури в згорнутій у рулон сталевій основі, особливо в серцевині та області осі рулону.

15 Серцевину рулону визначають як ділянку основи (або листа), який простягається в поздовжньому напрямку основи від першого краю, розташованого на 30 % від сукупної довжини основи, до другого краю, розташованого на 70 % від сукупної довжини основи. На додачу до цього, область осі визначають як область, розташовану по центру на поздовжній середній осі основи, і яка має ширину, що становить 60 % від сукупної ширини основи.

20 У серцевині й області осі під час згортання в рулон витки є дотичними, і парціальний тиск кисню є таким, що окисляються тільки елементи, здатні легше окислитися ніж залізо, зокрема кремній, марганець або хром.

Як це демонструє фазова діаграма залізо-кисень при 1 атмосфері, оксид заліза, який утворюється за високих температур, а саме, вюстит ( $\text{FeO}$ ), не є стабільним за температур, менших ніж  $570^\circ\text{C}$ , і перетворюється при термодинамічній рівновазі на дві інші фази: гематит ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) і магнетит ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ). Навпаки, у випадку збільшення температури в деяких частинах рулону під час згортання в рулон, особливо в серцевині й області осі рулону, якщо температура перевищує  $570^\circ\text{C}$ , гематит і магнетит перетворюються на вюстит, при цьому одним із продуктів даного розкладання є кисень.

Отриманий у результаті проходження даної реакції кисень поєднується з елементами, які легше окислюються ніж залізо, зокрема, із кремнієм, марганцем, хромом і алюмінієм, які присутні на поверхні сталевих основи.

35 Дані оксиди природно утворюються на межі зерен замість гомогенної дифузії в матриці. У результаті, окислення більш яскраво проявляється на межі зерен. Таке окислення нижче в даному документі буде позначатися терміном "окислення на межі зерен".

Таким чином, наприкінці згортання в рулон включає окислення на межі зерен на поверхні й аж до певної глибини, яка може становити аж до 17 мікрометрів.

40 Як встановлено винахідниками, велике значення має окислення на межі зерен у гарячекатаній сталевій основі, а отже, у гарячекатаній листовій сталі, яке у результаті призводить до поганої адгезії покриття після гарячого штампування. Дійсно, після нанесення покриття при нагріванні листа для проведення гарячого штампування вуглець дифундує в напрямку покриття й зустрічається з оксидами на межі зерен, зокрема, оксидами марганцю й кремнію. Дана дифузія вуглецю в результаті призводить до того, що між  $\text{SiO}_2$  і C, між  $\text{MnO}$  і C та між  $\text{Mn}_2\text{SiO}_4$  і C відбувається реакція з утворенням оксидів вуглецю. Дані оксиди вуглецю мігрують і розчиняються аж до кінцевого затвердіння покриття, коли вони збираються з утворенням кишень, що в результаті призводить до утворення пористості у покритті й, таким чином, поганої адгезії покриття.

50 Вплив окислення на межі зерен на адгезію покриття є специфічним для гарячекатаних листових сталей, які не піддаються холодній прокатці після проведення згортання в рулон, на противагу до холоднокатаних листових сталей. Дійсно, під час виробництва таких холоднокатаних листів окислення на межі зерен, яке може мати місце на поверхні основи до холодної прокатки, під час холодної прокатки цілого листа зазнає зменшення товщини. Отже, глибина окислення на межі зерен для холоднокатаного листа до гарячого штампування значною мірою зменшується у порівнянні із глибиною окислення на межі зерен для гарячекатаної листової сталі.

55 Окислення на межі зерен може бути зменшене або навіть усунуте до нанесення покриття в результаті інтенсивного травлення сталевих основи, наприклад, у ванні  $\text{HCl}$  протягом періоду часу 375 с.

Однак, інтенсивне травлення вимагає використання дуже незначної швидкості технологічної лінії, що є несумісним із промисловою переробкою.

Крім того, дане інтенсивне травлення в результаті призводить до одержання на поверхні сталеві основи розвиненої поверхні, що має дуже велике значення. Термін "розвинена поверхня" позначає сукупну площу поверхні сталеві основи, яка перебуває в контакті з ванною під час нанесення покриття.

Дана розвинена поверхня, яка має велике значення, у результаті призводить до більш інтенсивного розчинення заліза з поверхні сталі під час нанесення покриття в результаті занурення в розплав у ванні, що в результаті призводить до росту інтерметалічного шару, який, врешті, не обмежується однією певною областю покриття, пов'язаною з листовою сталлю, але досягає поверхні покриття. Як наслідок цього, товщина покриття не може контролюватися на рівні заданого діапазону значень товщини. Інтерметалічний шар утворюється із твердофазної сполуки, утвореної з металічних елементів з певною стехіометрією, яка має кристалічну структуру, в якій атоми займають специфічні положення.

Тому, як це встановили винахідники, пригнічення або обмеження окислення на межі зерен під час згортання в рулон робить можливим виготовлення гарячекатаної листової сталі з нанесеним покриттям, що має товщину, яка знаходиться в межах від 1,8 мм до 5 мм, і яка характеризується поліпшеною адгезією покриття після гарячого штампування, при одночасному забезпеченні контролю товщини покриття на рівні значення в цільовому діапазоні, зокрема, у діапазоні від 10 до 33 мкм, і збереженні високої продуктивності на промисловій технологічній лінії травлення.

Композиція сталі є такою, що сталь може піддаватися гарячому штампуванню для виготовлення деталі, що характеризується межею міцності на розтяг, більшою або такою, що дорівнює 500 МПа або більшою чи такою, що дорівнює 1000 МПа або більшою чи такою, що дорівнює 1350 МПа або більшою чи такою, що дорівнює 1680 МПа.

Нижче в даному документі розкривається композиція сталі, яка відповідає першому аспекту винаходу.

Що стосується хімічного складу сталі, то вуглець відіграє важливу роль для прожарюваності й межі міцності на розтяг, одержаних після гарячого штампування, завдяки його впливу на твердість мартенситу.

Нижче рівня вмісту 0,04 % неможливо одержати межу міцності на розтяг, яка становить більше ніж 500 МПа, після штампування за будь-яких умов охолодження. Вище 0,38 % у комбінації з іншими елементами композиції, відповідно до даного першого аспекту, адгезія покриття після гарячого штампування не є задовільною. Як можна сказати, не зв'язуючи себе теорією, рівень вмісту С, більший ніж 0,38 %, може мати велике значення і в результаті призводити до утворення оксидів вуглецю під час нагрівання сталі до гарячого штампування, що збільшує негативний вплив окислення на межі зерен на адгезію покриття. Крім того, вище 0,38 % зменшуються стійкість до уповільненого утворення тріщин й в'язкість сталі.

Рівень вмісту С залежить від бажаної межі міцності на розтяг TS гарячештампованої деталі, виготовленої способом гарячого штампування листової сталі. Особливо, для рівнів вмісту вуглецю в діапазоні від 0,06 % до 0,38 % (мас.) межа міцності на розтяг TS гарячештампованих деталей, отриманих у результаті повної аустенізації й штампування з подальшим мартенситним загартовуванням, практично залежить тільки від рівня вмісту вуглецю й пов'язується з рівнем вмісту вуглецю за допомогою виразу:

$TS \text{ (МПа)} = 3220(C \%) + 908,$

де С % позначає рівень вмісту вуглецю в масових відсотках.

Відповідно до одного варіанта здійснення рівень вмісту С є більшим або дорівнює 0,75 %.

Марганець, не говорячи вже про його розкислюючу роль, проявляє значний вплив на загартовуваність, зокрема, тоді, коли його вміст становить щонайменше 0,40 %, при цьому рівень вмісту С становить щонайбільше 0,38 %. Вище 3 % стабілізація аустеніту внаслідок присутності Mn має дуже суттєве значення, що приводить до утворення надмірно яскраво вираженої рядкової структури. Відповідно до одного варіанта здійснення, рівень вмісту Mn є меншим або дорівнює 2,0 %.

Кремній додають при рівні вмісту, що становить щонайменше 0,005 %, для сприяння розкисленню рідкої сталі та як чинник зміцнення сталі. Однак, рівень його вмісту повинен бути обмежений з метою уникнення надлишкового утворення оксидів кремнію. На додачу до цього, рівень вмісту кремнію повинен бути обмежений для уникнення стабілізації аустеніту, що має надмірно велике значення. Тому рівень вмісту кремнію є меншим або дорівнює 0,70 %, наприклад меншим або дорівнює 0,5 %. Бажано рівень вмісту Si становить щонайменше 0,10 %.

Алюміній може бути доданий як розкислювач, при цьому рівень вмісту Al є меншим або дорівнює 0,1 % і становить більше ніж 0,005 %, у загальному випадку, він є більшим або дорівнює 0,010 %. Бажано рівень вмісту Al є меншим або дорівнює 0,070 %.

Необов'язково композиція сталі містить хром, вольфрам і/або бор, що збільшує загартовуваність сталі.

Зокрема, Cr може бути доданий для збільшення загартовуваності сталі, і він впливає на досягнення бажаної межі міцності на розтяг TS після гарячого штампування. У випадку додавання Cr рівень його вмісту буде більшим або дорівнює 0,01 %, доходючи аж до 2 %. Без цілеспрямованого додавання Cr рівень вмісту Cr може становити всього лише 0,001 %.

W може бути доданий для збільшення загартовуваності й прожарюваності сталі в результаті утворення карбідів вольфраму. У випадку додавання W рівень його вмісту є більшим або дорівнює 0,001 % і меншим або дорівнює 0,30 %.

У випадку додавання V рівень його вмісту буде становити більше ніж 0,0002 %, а бажано буде більшим або дорівнюватиме 0,0005 %, доходючи аж до 0,010 %. Рівень вмісту V бажано є меншим або дорівнює 0,005 %.

Аж до 0,1 % ніобію й/або аж до 0,2 % титану необов'язково додають для одержання дисперсійного зміцнення.

У випадку додавання Nb рівень його вмісту бажано складе щонайменше 0,01 %. Зокрема, у випадку наявності рівня вмісту Nb в межах від 0,01 % до 0,1 %, в аустеніті або у фериті під час гарячої прокатки будуть утворюватися дрібні зміцнюючі виділення карбонітридів Nb(CN). Рівень вмісту Nb бажано є меншим або дорівнює 0,06 %. Ще краще, рівень вмісту Nb перебуває у межах від 0,03 % до 0,05 %.

У випадку додавання Ti рівень його вмісту бажано складає щонайменше 0,015 %, доходючи аж до 0,2 %. У випадку наявності рівня вмісту Ti в межах від 0,015 % до 0,2 %, за дуже високої температури буде мати місце утворення виділень у вигляді TiN, а після цього за меншої температури в аустеніті у вигляді дрібних виділень TiC, що в результаті призведе до зміцнення. Крім того, у випадку додавання титану на додачу до бору титан буде запобігати з'єднанню бору з азотом, при цьому азот з'єднується з титаном. Таким чином, рівень вмісту титану бажано становить більше ніж 3,42 N. Однак, рівень вмісту Ti повинен залишатися меншим або дорівнювати 0,2 %, бажано меншим або дорівнювати 0,1 %, щоб уникнути утворення великих виділень TiN. Якщо додавання Ti не здійснюється, то Ti буде присутній у вигляді домішки з рівнем вмісту, що становить щонайменше 0,001 %.

Молибден може бути доданий при рівні вмісту, що становить щонайбільше 0,65 %. У випадку додавання Mo рівень його вмісту бажано складає щонайменше 0,05 %, наприклад, буде меншим або дорівнює 0,10 %. Мо бажано додають разом з Nb і Ti для одержання спільних виділень, які є дуже стабільними за високих температур і обмежують ріст аустенітних зерен при нагріванні. Оптимальний ефект одержують при наявності рівня вмісту Mo в межах від 0,15 % до 0,25 %.

Нікель присутній у вигляді домішки з рівнем вмісту, який може становити всього лише 0,001 % і бути меншим або дорівнювати 0,1 %.

Сірка, фосфор і азот у загальному випадку присутні в композиції сталі як домішки.

Рівень вмісту азоту становить щонайменше 0,0005 %. Рівень вмісту азоту повинен становити щонайбільше 0,010 % таким чином, щоб запобігти утворенню великих виділень TiN.

У випадку присутності сірки й фосфору в надлишкових кількостях вони зменшують пластичність. Тому їх рівні вмісту обмежують, відповідно, значеннями 0,05 % і 0,1 %.

Бажано рівень вмісту S становить щонайбільше 0,03 %. Досягнення дуже низького рівня вмісту S, тобто такого, що становить менше ніж 0,0001 %, є дуже дорогим і не приносять будь-якої вигоди. Тому рівень вмісту S у загальному випадку є більшим або дорівнює 0,0001 %.

Бажано рівень вмісту фосфору становить щонайбільше 0,05 %, ще краще щонайбільше 0,025 %. Досягнення дуже низького рівня вмісту P, тобто такого, що становить менше ніж 0,0001 %, є дуже дорогим. Тому рівень вмісту P у загальному випадку є більшим або дорівнює 0,0001 %.

Сталь може бути піддана обробці для глобуляризації сульфідів, проведеної з використанням кальцію, що демонструє ефект поліпшення кута згинання, внаслідок глобуляризації MnS. Таким чином, композиція сталі може містити щонайменше 0,0001 % Ca, аж до 0,006 %.

Решту композиції сталі складає залізо та домішки, які неминує утворюються в результаті виплавки.

Відповідно до першого варіанта здійснення, сталь характеризується наступним хімічним складом, у масових відсотках:

- $0,040 \leq C \leq 0,100,$   
 $0,80 \leq Mn \leq 2,0,$   
 $0,005 \leq Si \leq 0,30,$   
 $0,010 \leq Al \leq 0,070,$   
 $0,001 \leq Cr \leq 0,10,$   
 $0,001 \leq Ni \leq 0,10,$   
 $0,03 \leq Ti \leq 0,08,$   
 $0,015 \leq Nb \leq 0,1,$   
 $0,0005 \leq N \leq 0,009,$   
 $0,0001 \leq S \leq 0,005,$   
 $0,0001 \leq P \leq 0,030,$   
 $Mo \leq 0,10,$   
 $Ca \leq 0,006,$   
 при цьому решту композиції складають залізо та домішки, які неминуче утворюються у  
 результаті виплавки.
- З використанням даної композиції можуть бути виготовлені сталеві деталі, що характеризуються після гарячого штампування межею міцності на розтяг, яка становить щонайменше 500 МПа.
- Відповідно до другого варіанта здійснення сталь характеризується наступним хімічним складом, у масових відсотках:
- $0,062 \leq C \leq 0,095,$   
 $1,4 \leq Mn \leq 1,9,$   
 $0,2 \leq Si \leq 0,5,$   
 $0,020 \leq Al \leq 0,070,$   
 $0,02 \leq Cr \leq 0,1,$   
 де  $1,5 \leq (C + Mn + Si + Cr) \leq 2,7,$   
 $3,4 \times N \leq Ti \leq 8 \times N,$   
 $0,04 \leq Nb \leq 0,06,$   
 де  $0,044 \leq (Nb + Ti) \leq 0,09,$   
 $0,0005 \leq B \leq 0,004,$   
 $0,001 \leq N \leq 0,009,$   
 $0,0001 \leq S \leq 0,003,$   
 $0,0001 \leq P \leq 0,020,$   
 і необов'язково  $0,0001 \leq Ca \leq 0,006,$   
 при цьому решту композиції складають залізо та домішки, які неминуче утворюються у  
 результаті виплавки.
- З використанням даної композиції можуть бути виготовлені сталеві деталі, що характеризуються після гарячого штампування межею міцності на розтяг, яка становить щонайменше 1000 МПа.
- Відповідно до третього варіанта здійснення сталь характеризується наступним хімічним складом, у масових відсотках:
- $0,15 \leq C \leq 0,38,$   
 $0,5 \leq Mn \leq 3,$   
 $0,10 \leq Si \leq 0,5,$   
 $0,005 \leq Al \leq 0,1,$   
 $0,01 \leq Cr \leq 1,$   
 $0,001 \leq Ti \leq 0,2,$   
 $0,0005 \leq B \leq 0,08,$   
 $0,0005 \leq N \leq 0,010,$   
 $0,0001 \leq S \leq 0,05,$   
 $0,0001 \leq P \leq 0,1,$   
 при цьому решту композиції складають залізо та домішки, які неминуче утворюються у  
 результаті виплавки.
- З використанням даної композиції можуть бути виготовлені сталеві деталі, які характеризуються після гарячого штампування межею міцності на розтяг, яка становить щонайменше 1350 МПа.
- Нижче в даному документі розкривається композиція сталі, яка відповідає другому аспекту винаходу.

У випадку наявності Mn, рівень його вмісту знаходиться в межах від 0,40 % до 3 %, рівень вмісту C буде коливатися у межах від 0,24 % до 0,38 %. Вуглець відіграє важливу роль у прожарюваності й межі міцності на розтяг, отриманих після гарячого штампування, завдяки своєму впливу на твердість мартенситу. Рівень вмісту, що становить щонайменше 0,24 %, робить можливим досягнення межі міцності на розтяг TS щонайменше 1800 МПа, після гарячого штампування без додавання дорогих елементів. Вище 0,38 % у випадку наявності рівня вмісту Mn в межах від 0,40 % до 3 %, зменшується стійкість до уповільненого утворення тріщин і в'язкість сталі. У випадку наявності Mn, з рівнем його вмісту в межах від 0,40 % до 3 %, рівень вмісту C бажано буде знаходитись у межах від 0,32 % до 0,36 %.

У випадку зменшення рівня вмісту Mn до значення в діапазоні, що коливається в межах від 0,05 % до 0,40 %, може бути використаний збільшений рівень вмісту C, вміст якого знаходиться у межах від 0,38 % до 0,43 %. Таким чином, зменшення рівня вмісту Mn компенсується збільшенням рівня вмісту C при одночасному досягненні кращої стійкості до корозії під напругою.

Марганець, не говорячи вже про його розкислюючу роль, суттєво впливає на загартовуваність.

У випадку наявності C, при рівні його вмісту в межах від 0,24 % до 0,38 %, рівень вмісту Mn повинен становити щонайменше 0,40 % і бути меншим або дорівнювати 3 %. Рівень вмісту Mn, що становить щонайменше 0,40 %, є необхідним для досягнення температури Ms, що є температурою початку перетворення аустеніту на мартенсит за досить незначного охолодження для досягнення бажаного рівня міцності (межі міцності на розтяг TS, що становить щонайменше 1800 МПа в даному варіанті здійснення).

Вище 3 % стабілізація аустеніту внаслідок присутності Mn має дуже велике значення, що приводить до утворення надмірно яскраво вираженої рядкової структури. Рівень вмісту Mn бажано є меншим або дорівнює 2,0 %.

В альтернативному варіанті у випадку збільшення рівня вмісту C до значення в діапазоні, який знаходиться в межах від 0,38 % до 0,43 %, рівень вмісту Mn може бути зменшений до значення в діапазоні, який знаходиться в межах від 0,05 % до 0,40 %. Зменшення рівня вмісту Mn робить можливим досягнення більш високої стійкості до корозії під напругою.

Рівні вмісту Mn і C бажано визначаються разом з рівнем вмісту Cr.

У випадку рівня вмісту C в межах від 0,32 % до 0,36 %, рівень вмісту Mn, який знаходиться у межах від 0,40 % до 0,80 %, і рівень вмісту Cr, який знаходиться у межах від 0,05 % до 1,20 %, будуть забезпечувати досягнення високої стійкості до уповільненого утворення тріщин.

У випадку, коли вміст C знаходиться в межах від 0,24 % до 0,38 %, і при цьому рівень вмісту Mn знаходиться у межах від 1,50 % до 3 %, зварюваність при точковому зварюванні буде найкращою.

У випадку, коли вміст C знаходиться в межах від 0,38 % до 0,43 %, і при цьому рівень вмісту Mn знаходиться у межах від 0,05 % до 0,40 %, а бажано від 0,09 % до 0,11 %, значно збільшується стійкість до корозії під напругою.

Дані діапазони композиції роблять можливим досягнення температури Ms, яка перебуває в межах приблизно від 320°C до 370°C, і яка гарантує одержання дуже високої міцності гарячештампованих деталей.

Кремній додають до рівня вмісту, який знаходиться в межах від 0,10 % до 0,70 % (мас.). Рівень вмісту, що становить щонайменше 0,10 %, забезпечує одержання додаткового зміцнення й сприяє розкисленню рідкої сталі. Однак, рівень його вмісту повинен бути обмежений з метою уникнення надлишкового утворення оксидів кремнію. На додачу до цього, рівень вмісту кремнію повинен бути обмежений щоб уникнути, стабілізації аустеніту, що має дуже велике значення. Тому рівень вмісту кремнію є меншим або дорівнює 0,70 %.

У випадку, коли вміст C знаходиться в межах від 0,24 % до 0,38 %, рівень вмісту Si бажано складає щонайменше 0,50 % з метою уникнення відпускання свіжого мартенситу, що може мати місце при витримуванні сталі в матриці штампа після мартенситного перетворення.

Алюміній може бути доданий як розкислювач, при цьому рівень вмісту Al є меншим або дорівнює 0,070 % і більшим або дорівнює 0,015 %. Вище 0,070 % під час розробки можуть бути створені великі алюмінати, що зменшує пластичність. Бажано рівень вмісту Al є меншим, ніж значення, які знаходяться в межах від 0,020 % до 0,060 %.

Необов'язково композиція сталі містить хром і/або вольфрам для збільшення загартовуваності сталі.

Хром збільшує загартовуваність сталі й впливає на досягнення бажаної міцності на розтяг TS після гарячого штампування. У випадку додавання Cr рівень його вмісту буде більшим або

дорівнює 0,01 %, доходячи аж до 2 %. Якщо Cr не додають, то рівень вмісту Cr може становити всього лише 0,001 %.

У випадку, коли вміст C знаходиться в межах від 0,24 % до 0,38 %, рівень вмісту Cr бажано буде знаходитися у межах від 0,30 % до 0,50 %. У випадку коли рівень вмісту Mn знаходиться в межах від 1,50 % до 3 %, додавання Cr буде необов'язковим, при цьому загартовуваність, що досягається в результаті додавання Mn, буде недостатньою.

У випадку, коли вміст C знаходиться в межах від 0,38 % до 0,43 %, кращим буде рівень вмісту Cr, який становить більше ніж 0,5 %, а бажано він знаходиться у межах від 0,950 % до 1,050 %, з метою збільшення стійкості до корозії під напругою.

На додачу до перерахованих вище умов рівні вмісту C, Mn, Cr і Si повинні відповідати наступним умовам:

$$2,6C + \frac{Mn}{5,3} + \frac{Cr}{13} + \frac{Si}{15} \geq 1,1\%$$

Відповідно до даної умови частка напіввідпущеного мартенситу, отриманого у результаті відпустки мартенситу, яка може мати місце під час витримування деталі в матриці штампа, є дуже обмеженою, так що набагато більша частка свіжого мартенситу робить можливим досягнення межі міцності на розтяг, що становить щонайменше 1800 МПа.

W може бути доданий для збільшення загартовуваності й прожарюваності сталі в результаті утворення карбідів вольфраму. У випадку додавання W рівень його вмісту буде більшим або дорівнює 0,001 % і меншим або дорівнює 0,30 %.

В додають при рівні вмісту, що становить більше ніж 0,0005 %, доводячи його аж до 0,0040 %. В збільшує загартовуваність. У результаті дифузії на межі зерен В запобігає ліквідації Р на межі зерен.

Для дисперсійного зміцнення необов'язково додають аж до 0,06 % ніобію й/або аж до 0,1 % титану.

У випадку додавання Nb рівень його вмісту бажано складає щонайменше 0,01 %. Зокрема, у випадку коли рівень вмісту Nb знаходиться в межах від 0,01 % до 0,06 %, в аустеніті або у фериті під час гарячої прокатки будуть утворюватися дрібні зміцнюючі виділення карбонітридів Nb(CN). Таким чином, Nb обмежує ріст аустенітних зерен під час нагрівання до штампування. Однак, рівень вмісту Nb є меншим або дорівнює 0,06 %. Дійсно, при перевищенні 0,06 % зусилля при прокатці може стати надмірно великим. Бажано рівень вмісту Nb знаходиться у межах від 0,03 % до 0,05 %.

Ті додають при рівні вмісту, який становить щонайменше 0,015 %, доводячи його аж до 0,1 %. У випадку коли рівень вмісту Ті знаходиться в межах від 0,015 % до 0,1 %, буде мати відбуватися утворення виділень за дуже високої температури у вигляді TiN, а після цього за нижчої температури в аустеніті у вигляді дрібних виділень TiC, що в результаті призведе до зміцнення. Крім того, титан запобігає з'єднуванню бору з азотом, при цьому азот з'єднується з титаном. Таким чином, рівень вмісту титану становить більше ніж 3,42N. Однак, рівень вмісту Ті повинен залишатися меншим або дорівнювати 0,1 % щоб уникнути утворення великих виділень TiN. Бажано рівень вмісту Ті знаходиться у межах від 0,020 % до 0,040 % з метою створення дрібних нітридів, що обмежує ріст аустенітних зерен під час нагрівання до штампування.

Молибден може додаватися при рівні вмісту, що становить щонайбільше 0,65 %. У випадку додавання Мо рівень його вмісту бажано складає щонайменше 0,05 %. Мо бажано додають разом з Nb і Ті для одержання спільних виділень, які є дуже стабільними за високих температур і обмежують ріст аустенітних зерен при нагріванні. Оптимальний ефект одержують при рівні вмісту Мо, який знаходиться в межах від 0,15 % до 0,25 %.

Нікель додають для збільшення стійкості до уповільненого руйнування сталі при рівні вмісту, який знаходиться в межах від 0,25 % до 2 %.

Рівень вмісту азоту становить щонайменше 0,003 % для досягнення утворення виділень TiN, Nb(CN) і/або (Ti, Nb)(CN), що обмежує ріст аустенітних зерен відповідно до представленого вище роз'яснення винаходу. Рівень вмісту азоту повинен становити щонайбільше 0,010 %, таким чином, щоб запобігти утворенню великих виділень TiN.

Сірка й фосфор у випадку їх присутності в надлишкових кількостях зменшують пластичність. Тому рівні їх вмісту обмежують, відповідно, значеннями 0,005 % і 0,025 %.

Рівень вмісту S становить щонайбільше 0,005 %, що обмежує утворення виділень сульфідів. Досягнення дуже низького рівня вмісту S, тобто такого, що становить менше ніж 0,0001 %, є дуже дорогим і таким, що й не приносить будь-якої вигоди. Тому рівень вмісту S у загальному випадку є більшим або дорівнює 0,0001 %.

Рівень вмісту фосфору становить щонайбільше 0,025 %, що, таким чином, обмежує ліквідацію Р на межі аустенітних зерен. Досягнення дуже низького рівня вмісту Р, тобто такого, що становить менше ніж 0,0001 %, є дуже дорогим. Тому рівень вмісту Р у загальному випадку є більшим або дорівнює 0,0001 %.

Сталь може бути піддана обробці для глобуляризації сульфідів, проведеної з використанням кальцію, що демонструє ефект поліпшення кута згинання, внаслідок глобуляризації MnS. Таким чином, композиція сталі може містити щонайменше 0,0005 % Са, при доведенні його аж до 0,005 %.

Решту композиції сталі складають залізо та домішки, які неминуче утворюються в результаті виплавки.

Відповідно до представленого вище роз'яснення винаходу винахідники встановили, що недостатність адгезії покриття сталевих деталей, виготовленої в результаті гарячого штампування гарячекатаної листової сталі з нанесеним покриттям, є результатом окислення на межі зерен, яке відбувається на поверхні гарячекатаної листової сталі з нанесеним покриттям, до гарячого штампування та на певну глибину.

Спочатку винахідники визначили критерій, якому повинна відповідати гарячештампована сталеві деталь з нанесеним покриттям для гарантування задовільної адгезії покриття.

Як це встановили винахідники, якість адгезії покриття може бути оцінена шляхом визначення процентного рівня поверхневих пористостей у покритті.

Процентний рівень поверхневих пористостей у покритті визначають у відношенні гарячештампованої сталеві деталі з нанесеним покриттям, тобто, після гарячого штампування й охолодження до кімнатної температури.

Процентний рівень поверхневих пористостей у покритті визначають спостерігаючи п'ять різних поперечних перерізів зразка з використанням оптичного мікроскопа із збільшенням  $\times 1000$ . Кожний поперечний переріз має довжину  $l_{ref}$ , яку вибирають для визначення характеристик покриття представницьким образом. Довжину  $l_{ref}$  вибирають як 150 мкм.

Як це проілюстровано на Фігурі 1, для кожного поперечного перерізу проводять аналіз зображень з використанням системи аналізу зображень, наприклад, Olympus Stream Essentials®, для визначення процентного рівня поверхневих пористостей у покритті в даному поперечному перерізі. З цією метою ідентифікують верхню й нижню межі  $B_1$  і  $B_2$  покриття. Зокрема, верхня межа співпадає з контуром покриття на поверхні розділу з навколишнім середовищем, а нижня межа відмежовує матеріал сталі від покриття. Після цього визначають сукупну поверхню, яку займає покриття, включаючи пористості Р, між нижньою й верхньою межами й оцінюють поверхню, яку займають пористості, які розташовуються між нижньою й верхньою межами, (зони сірого кольору на Фігурі 1). Після цього розраховують процентний рівень поверхневих пористостей у покритті розглянутого поперечного перерізу як співвідношення між поверхнею, яку займають пористості, і сукупною поверхнею, яку займає покриття (при множенні на 100).

На закінчення, процентний рівень поверхневих пористостей у покритті визначають як середнє значення для п'яти значень, отриманих у такий спосіб.

Адгезія покриття буде вважатися задовільною у тому випадку, коли процентний рівень поверхневих пористостей в покритті є меншим або дорівнює 3 %. На противагу до цього, у випадку коли процентний рівень поверхневих пористостей у покритті становить більше ніж 3 %, адгезія покриття буде вважатися незадовільною.

Крім того, винахідники ідентифікували два критерії, яким повинна відповідати, відповідно, гарячекатана сталеві основа і гарячекатана листові сталь для забезпечення можливості контролю товщини покриття на рівні значення в цільовому діапазоні, зокрема, у діапазоні від 10 до 33 мкм, наприклад, від 20 до 33 мкм або від 10 до 20 мкм, і наявності після штампування задовільної адгезії покриття.

Перший критерій стосується стану поверхні гарячекатаної сталеві основи після травлення й до нанесення покриття.

Зокрема, відповідно до представленого вище роз'яснення винаходу необхідно контролювати розвинену поверхню гарячекатаної сталеві основи безпосередньо перед нанесенням покриття щоб уникнути інтенсивного розчинення заліза з поверхні сталі й неконтрольованого росту інтерметалічного шару під час занурення в розплав у ванні, що привело б у результаті до неможливості контролю товщини покриття на рівні значення, прийнятого в межах цільового діапазону.

Дійсно, окислення на межі зерен гарячекатаної сталеві основи може бути зменшене в результаті інтенсивного травлення, що, у свою чергу, забезпечує зменшення окислення на межі зерен гарячекатаної листової сталі. Однак, внаслідок даного інтенсивного травлення основа

буде демонструвати стан поверхні (тобто, розвинену поверхню), несумісну з контролем товщини покриття.

Як це встановили винахідники, з метою забезпечення наявності товщини покриття, яка перебуває в межах цільового діапазону, тобто, яка перебуває в межах від 10 до 33 мкм, товщина інтерметалічного шару, отриманого під час нанесення покриття, повинна залишатися такою, яка становить менше ніж 15 мкм, і з метою одержання товщини інтерметалічного шару, яка становить менше ніж 15 мкм, Процентний рівень поверхневих пористостей у поверхневій області гарячекатаної сталеві основи після будь-якого травлення й до нанесення покриття повинен становити менше ніж 30 %. Товщина інтерметалічного шару в цьому випадку є товщиною інтерметалічного шару покриття гарячекатаної листової сталі з нанесеним покриттям.

Критерій відносно рівня процентного рівня поверхневих пористостей повинен, зокрема, бути дотриманий в області гарячекатаної сталеві основи, яка була розташована в серцевині й області осі рулону під час згортання в рулон.

Як це проілюстровано на Фігурі 2, поверхневу область визначають як область, яка простягається від верхньої точки поверхні гарячекатаної сталеві основи на глибину в 15 мкм від даної верхньої точки. Процентний рівень поверхневих пористостей у поверхневій області визначають на п'ятих різних поперечних перерізах, представницьким способом для гарячекатаної сталеві основи, при цьому кожний поперечний переріз має довжину  $l_{ref}$  150 мкм. Поперечні перерізи бажано одержують від зразка, відібраного із серцевини й області осі рулону. У відношенні кожного поперечного перерізу визначають поверхневу область зразка з використанням системи аналізу зображень, наприклад, Olympus Stream Essentials®, як прямокутної області, верхня сторона якої з'єднує дві верхні точки Pt1 і Pt2 профілю поверхні поперечного перерізу, а нижня сторона якої відстоїть від верхньої сторони на 15 мкм. Таким чином, кожна поверхнева область зразка має довжину  $l_{ref}$  150 мкм і глибину 15 мкм.

Для кожного поперечного перерізу ідентифікують ділянки поверхневої області зразка, які не є сталлю, і визначають сукупну поверхню даних областей. Після цього визначають процентний рівень поверхневих пористостей у поверхневій області зразка як співвідношення між сукупною поверхнею областей, які не є сталлю, і сукупною поверхнею поверхневої області зразка при множенні на 100. Врешті, визначають процентний рівень поверхневих пористостей гарячекатаної протравленої сталеві основи як середнє значення для п'яти значень, отриманих у такий спосіб.

Другий критерій є максимальною глибиною окислення на межі зерен гарячекатаної листової сталі, тобто, сталеві виробу після нанесення покриття. Дійсно, як це встановили винахідники, з метою одержання задовільної адгезії покриття після гарячого штампування глибина окислення на межі зерен гарячекатаної листової сталі повинна становити менше ніж 4 мкм.

Даний критерій, зокрема, повинен бути дотриманий в області гарячекатаної листової сталі з нанесеним покриттям, яка розташовується в серцевині й області осі рулону під час згортання в рулон.

Глибину окислення на межі зерен визначають у відношенні гарячекатаної листової сталі з нанесеним покриттям, тобто, після нанесення покриття.

Глибину окислення на межі зерен визначають як товщину області гарячекатаної листової сталі від поверхні гарячекатаної листової сталі (тобто, від поверхні розділу між покриттям і гарячекатаною листовою сталлю) до внутрішнього простору гарячекатаної листової сталі в напрямку, ортогональному до даної поверхні, у якій спостерігається окислення на межі зерен.

Зокрема, окислення на межі зерен спостерігають з використанням оптичного мікроскопа із збільшенням  $\times 1000$  на п'яти різних поперечних перерізах, при цьому кожний з них має довжину  $l_{ref}$  150 мкм, від зразка, відібраного із серцевини й області осі рулону. У відношенні кожного поперечного перерізу вимірюють максимальну глибину окислення на межі зерен. На закінчення, визначають глибину окислення на межі зерен як середнє значення для п'яти значень, отриманих у такий спосіб.

Таким чином, з метою забезпечення після нанесення покриття можливості контролю товщини покриття на рівні значення в цільовому діапазоні й після гарячого штампування задовільної адгезії покриття, тобто, наявності процентного рівня поверхневих пористостей у покритті, меншого або рівного 3 %, повинні бути дотримані дві наступні умови:

- процентний рівень поверхневих пористостей у поверхневій області гарячекатаної сталеві основи після травлення й до нанесення покриття повинен становити менше ніж 30 %, і
- глибина окислення на межі зерен гарячекатаної листової сталі після травлення й нанесення покриття повинна становити менше ніж 4 мкм.

Гарячекатаний сталевий виріб може бути виготовлений шляхом відливання сталі, яка характеризується описаною вище композицією, таким чином, щоб одержати сталевий

напівфабрикат, повторного нагрівання сталевих напівфабрикатів за температури  $T_{reheat}$ , яка знаходиться в межах від 1150°C до 1300°C, і гарячої прокатки повторно нагрітого сталевих напівфабрикатів за температури чистової прокатки FRT для одержання гарячекатаного сталевих виробів. Температура  $T_{reheat}$ , наприклад, перебуває в межах від 1150°C до 1240°C.

5 Температура чистової прокатки FRT у загальному випадку перебуває в межах від 840°C до 1000°C.

Ступінь обтиснення при гарячій прокатці адаптують таким чином, щоб гарячекатаний сталевий виріб мав би товщину, яка перебуває в межах від 1,8 мм до 5 мм, наприклад, яка перебуває в межах від 3 мм до 5 мм.

10 Після цього гарячекатаний сталевий виріб охолоджують на відповідному рольгангу для досягнення температури згортання в рулон  $T_{coil}$  і згортають у рулон для одержання гарячекатаної сталевих основи.

Температуру згортання в рулон  $T_{coil}$  вибирають таким чином, щоб уникнути або щонайменше обмежити окислення на межі зерен.

15 Зокрема, температуру згортання в рулон  $T_{coil}$  вибирають таким чином, щоб глибина окислення на межі зерен гарячекатаної сталевих основи становила б менше ніж 5 мкм. Дійсно, у випадку глибини окислення на межі зерен гарячекатаної сталевих основи, яка становить менше ніж 5 мкм, глибина окислення на межі зерен гарячекатаної листової сталі після нанесення покриття буде залишатися такою, що становить менше ніж 4 мкм. Ще краще температуру згортання в рулон  $T_{coil}$  вибирають таким чином, щоб не відбувалося б будь-якого окислення на межі зерен.

При використанні композиції сталі, яка відповідає першому аспекту, винахідники встановили, що для одержання глибини окислення на межі зерен гарячекатаної листової сталі, яка становить менше ніж 4 мкм, температура згортання в рулон  $T_{coil}$  повинна бути меншою, ніж 25 максимальна температура згортання в рулон  $T_{coilmax}$ , яка залежить від частки аустеніту безпосередньо перед згортанням у рулон, яку позначають символом  $f_{\gamma}$ .

Дійсно, велика частка аустеніту  $f_{\gamma}$  безпосередньо перед згортанням у рулон у результаті буде призводити до істотного перетворення аустеніту під час згортання в рулон, таким чином, до значного підвищення температури, що має велике значення, зокрема, у серцевині й області осі сталі під час згортання в рулон. На противагу до цього, у випадку незначної частки аустеніту  $f_{\gamma}$  безпосередньо перед згортанням у рулон під час згортання в рулон будь-якого перетворення аустеніту не відбувається, або воно відбувається в незначній мірі таким чином, що збільшення температури листа буде зменшене.

Внаслідок цього, максимальна температура згортання в рулон  $T_{coilmax}$  є спадною функцією 35 від частки аустеніту  $f_{\gamma}$  безпосередньо перед згортанням у рулон.

Як це встановили винахідники, з метою одержання глибини окислення на межі зерен у гарячекатаний листовий сталі, яка становить менше ніж 4 мкм, максимальну температуру згортання в рулон  $T_{coilmax}$  виражають у вигляді:

$$T_{coilmax} = 650 - 140 \times f_{\gamma},$$

40 де  $T_{coilmax}$  виражають у градусах Цельсія, а  $f_{\gamma}$  позначає частку аустеніту в сталі безпосередньо перед згортанням у рулон, яка знаходиться в межах від 0 (що відповідає 0 % аустеніту) до 1 (що відповідає 100 % аустеніту). Тому максимальна температура згортання в рулон  $T_{coilmax}$  перебуває в діапазоні від 510°C до 650°C.

Таким чином, температура згортання в рулон  $T_{coil}$  повинна задовольняти співвідношення:

45  $T_{coil} \leq 650 - 140 \times f_{\gamma}$

Частка аустеніту  $f_{\gamma}$  у сталі безпосередньо перед згортанням у рулон може бути визначена з використанням електромагнітної (ЕМ) безконтактної неруйнуючої методики з використанням пристрою для детектування магнітних властивостей листової сталі.

Принцип даної методики, яка, наприклад, описується в документі "Online electromagnetic monitoring of austenite transformation in hot strip rolling and its application to process optimization", 50 A. V. Marmulev et al., Revue de Métallurgie 110, pp. 205-213 (2013), має у своїй основі відмінність між магнітними властивостями аустеніту, який є парамагнітним, і магнітними властивостями фериту, перліту, бейніту й мартенситу, які є феромагнітними фазами.

Пристрій для визначення частки аустеніту  $f_{\gamma}$  розкривається, наприклад, у публікації US 55 2003/0038630 A1.

Частка аустеніту  $f_{\gamma}$  безпосередньо перед згортанням у рулон залежить від композиції сталі, зокрема, від рівня вмісту С, від температури чистової прокатки FRT і від технологічного процесу охолодження між температурою чистової прокатки FRT і температурою згортання в рулон  $T_{coil}$ .

Зокрема, чим більшим буде рівень вмісту С у сталі, тим більшою буде частка аустеніту  $f_{\gamma}$  у листовій сталі безпосередньо перед згортанням у рулон. Таким чином, при рівності всіх інших

параметрів чим більшим буде рівень вмісту С, тим меншою буде максимальна температура згортання в рулон  $T_{coilmax}$ . Зокрема, у випадку коли рівень вмісту С у сталі є більшим або дорівнює 0,075 %, частка аустеніту в основі буде залишатися більшою ніж 0,5 таким чином, щоб температура згортання в рулон  $T_{coilmax}$  становила б менше ніж 580 °С.

5 Максимальна температура згортання в рулон  $T_{coilmax}$  може бути визначена для сталі, яка характеризується заданими композицією й товщиною, на заданій технологічній лінії, при цьому температуру чистової прокатки FRT фіксують, у результаті визначення частки аустеніту в сталевому виробі під час охолодження від температури чистової прокатки FRT і в результаті порівняння під час охолодження температури  $T$  основи з величиною 650-140  $f_v'(T)$ , при цьому

10  $f_v'(T)$  є часткою аустеніту в основі за температури  $T$  під час охолодження. Максимальна температура згортання в рулон  $T_{coilmax}$  є температурою, при якій  $T=650-140 f_v'(T)$ .

У загальному випадку температура згортання в рулон бажано становить менше ніж 580 °С, ще краще менше ніж 570 °С.

15 Однак, температура згортання в рулон повинна залишатися більшою ніж 450 °С із метою уникнення небажаного підвищення механічних властивостей сталі, які були б результатом низької температури згортання в рулон.

За даних умов окислення на межі зерен у гарячекатаній сталевій основі є обмеженим, так що глибина окислення на межі зерен гарячекатаної листової сталі після нанесення покриття

20 буде становити менше ніж 4 мкм. З використанням композиції сталі, яка відповідає другому аспекту, винахідники встановили, що для одержання глибини окислення на межі зерен гарячекатаної листової сталі, яка становить менше ніж 4 мкм, температура згортання в рулон  $T_{coil}$  повинна бути навіть нижчою у порівнянні з тією, яка має місце для композицій, що відповідають першому аспекту, і

25 встановлюється на значеннях, менших або рівних 495 °С. Представлені вище правила паралельного забезпечення наявності адгезії покриття й товщини покриття в цільовому діапазоні усе ще залишаються в силі. Однак, внаслідок присутності Ni у кількості, більшій або рівній 0,25 %, вони є недостатніми для стимулювання в той же саме час одержання високої продуктивності на технологічній лінії травлення. Дійсно, як це встановили винахідники, присутність Ni у кількості, яка становить більше ніж 0,25 %, стимулює збільшене прилипання окалини на смуговому стані гарячої прокатки. Присутність такої окалини, яка значною мірою прилипає до поверхні, погіршує придатність листа до нанесення покриття. Дана окалина могла б бути видалена в результаті проведення інтенсивного травлення, що, однак, значною мірою погіршило б продуктивність на технологічній

35 лінії травлення. Як це встановили винахідники, зменшення температури згортання в рулон, яка є меншою або рівною  $T_{coilmax}=495$  °С, могло б посприяти зменшенню кількості окалини, що утворюється на відповідному рольгангу, на смуговому стані гарячої прокатки. Тому зменшується кількість металевого нікелю, який утворюється на поверхні розділу між окалиною й сталлю, що, врешті, полегшує руйнування окалини й травлення на технологічній лінії травлення й, отже,

40 забезпечує одержання технологічного процесу, який характеризується вищою продуктивністю на даній останній технологічній лінії. Після згортання в рулон гарячекатану сталеву основу піддають травленню. Оскільки глибина окислення на межі зерен є обмеженою, умови травлення не мають впливу на адгезію покриття після гарячого штампування або на товщину покриття.

45 Зокрема, навіть у випадку проведення легкого травлення внаслідок незначної глибини окислення на межі зерен до травлення глибина окислення на межі зерен у гарячекатаній листовій сталі після травлення й нанесення покриття в кожному разі буде становити менше ніж 4 мкм, таким чином, щоб під час нагрівання до гарячого формування оксиди вуглецю утворювалися б у незначній кількості, або не утворювалися б будь-які оксиди вуглецю, і щоб адгезія покриття після гарячого штампування не погіршувалась би.

На додачу до цього, навіть у випадку проведення інтенсивного травлення внаслідок незначної глибини окислення на межі зерен до травлення процентний рівень поверхневих пористостей у поверхневій області гарячекатаної сталеві основи після травлення буде залишатися меншим ніж 30 %. Таким чином, під час нанесення покриття в результаті занурення

55 в розплав у ванні будь-якого інтенсивного розчинення заліза з поверхні сталі і будь-якого неконтрольованого росту інтерметалічного шару відбуватися не буде, і товщину покриття можна буде контролювати на рівні цільової товщини.

Травлення, наприклад, проводять у ванні HCl протягом періоду часу, в межах від 15 до 65 с.

Тому отримана в такий спосіб гарячекатана сталева основа, яку піддають травленню,

60 відповідає першому критерію, визначеному вище в даному документі, тобто, характеризується

процентним рівнем поверхневих пористостей у поверхневій області, меншим ніж 30 %. На додачу до цього, гарячекатана протравлена листову сталь характеризується відсутністю будь-якого окислення на межі зерен або незначним ступенем окислення на межі зерен, що робить можливим дотримання другого визначеного вище критерію, тобто, одержання глибини окислення на межі зерен, на рівні, меншому ніж 4 мкм, у гарячекатаній листовій сталі після нанесення покриття.

Після травлення гарячекатана протравлена сталева основа може бути промаслена, або на неї може бути нанесена органічна плівка, наприклад, Easyfilm® HPE, для тимчасового захисту поверхні листа.

Після цього на гарячекатану протравлену сталеву основу наносять покриття шляхом безперервного занурення в розплав у ванні з використанням або Al, або сплаву Al таким чином, щоб одержати гарячекатану листову сталь із нанесеним покриттям.

Наприклад, покриттям може бути покриття на основі Al-Si. Типова ванна для покриття на основі Al-Si у загальному випадку містить у своїй базовій композиції в масових відсотках від 8 % до 11 % кремнію, від 2 % до 4 % заліза, при цьому залишком є алюміній або алюмінієвий сплав і домішки, властиві для переробки. Легуючі елементи, присутні разом з алюмінієм, включають стронцій і/або кальцій у кількості в діапазоні від 15 до 30 ч./млн. для кожного.

У межах ще одного прикладу, покриття може бути покриттям на основі Zn-Al-Mg. Типова ванна для покриття на основі Zn-Al-Mg містить у масових відсотках від 0,1 % до 10 % магнію, від 0,1 % до 20 % алюмінію, при цьому залишком є Zn або сплав Zn, необов'язкові додаткові елементи, такі як Si, Sb, Pb, Ti, Ca, Mn, Sn, La, Ce, Cr, Ni, Zr і/або Bi і домішки, властиві для переробки.

Наприклад, ванна містить від 0,5 % до 8 % алюмінію, від 0,3 % до 3,3 % магнію, при цьому залишком є Zn або сплав Zn, необов'язкові додаткові елементи, такі як Si, Sb, Pb, Ti, Ca, Mn, Sn, La, Ce, Cr, Ni, Zr і/або Bi і домішки, властиві для переробки.

У рамках ще одного прикладу, покриття є покриттям на основі Al-Zn-Si-Mg.

Перший приклад ванни для покриття на основі Al-Zn-Si-Mg містить у масових відсотках від 2,0 % до 24,0 % цинку, від 7,1 % до 12,0 % кремнію, необов'язково від 1,1 % до 8,0 % магнію й необов'язково додаткові елементи, вибрані з-поміж Pb, Ni, Zr або Hf, при цьому рівень вмісту кожного додаткового елемента менший на 0,3 %, причому залишком є алюміній і неминучі домішки й залишкові елементи, при цьому співвідношення Al/Zn становить більше ніж 2,9.

Другий приклад ванни для покриття на основі Al-Zn-Si-Mg містить у масових відсотках від 4,0 % до 20,0 % цинку, від 1 % до 3,5 % кремнію, необов'язково від 1,0 % до 4,0 % магнію й необов'язково додаткові елементи, вибрані з-поміж Pb, Ni, Zr або Hf, при цьому рівень вмісту кожного додаткового елемента менший на 0,3 %, причому залишком є алюміній і неминучі домішки й залишкові елементи, при цьому співвідношення Al/Zn знаходиться в межах від 3,2 до 8,0.

Третій приклад ванни для покриття на основі Al-Zn-Si-Mg містить у масових відсотках від 2,0 % до 24,0 % цинку, від 1,1 % до 7,0 % кремнію, необов'язково від 1,1 % до 8,0 % магнію при кількості кремнію в діапазоні від 1,1 до 4,0 % і необов'язково додаткові елементи, вибрані з-поміж Pb, Ni, Zr або Hf, при цьому рівень вмісту кожного додаткового елемента менший на 0,3 %, причому залишком є алюміній і неминучі домішки й залишкові елементи, при цьому співвідношення Al/Zn становить більше ніж 2,9.

Після осадження покриття в результаті занурення в розплав листову сталь із нанесеним покриттям звичайно обмивають з використанням газових ежекторних сопел, на обох сторонах листової сталі з нанесеним покриттям і слідом за цим листову сталь із нанесеним покриттям охолоджують.

Отримана у такий спосіб гарячекатана листову сталь із нанесеним покриттям включає гарячекатану листову сталь і на кожній стороні гарячекатаної листової сталі покриття з Al або сплаву Al.

Гарячекатана листову сталь у загальному випадку має ферито-перлітну структуру, тобто, структуру, яка складається з фериту й перліту.

Товщина покриття з Al або сплаву Al на кожній стороні гарячекатаної листової сталі перебуває в межах від 10 мкм до 33 мкм.

Відповідно до першого варіанта здійснення товщину покриття контролюють на рівні значення, яке знаходиться в межах діапазону від 20 мкм до 33 мкм.

Відповідно до другого варіанта здійснення товщину покриття контролюють на рівні значення, яке знаходиться в межах діапазону від 10 мкм до 20 мкм.

Відповідно до третього варіанта здійснення товщину покриття контролюють на рівні значення, яке знаходиться в межах діапазону від 15 мкм до 25 мкм.

Після нанесення покриття глибина окислення на межі зерен у гарячекатаній листовій сталі залишається меншою ніж 4 мкм, у загальному випадку меншою ніж 3 мкм, внаслідок травлення. Дана глибина простягається від поверхні гарячекатаної листової сталі (тобто, поверхні, яка відокремлює гарячекатану листову сталь від покриття) до внутрішнього простору листової сталі.

Крім цього, внаслідок низького процентного рівня поверхневих пористостей у поверхневій області гарячекатаної сталевих основи до нанесення покриття навіть після травлення товщина покриття перебуває в межах цільового діапазону товщини, зокрема діапазону від 10 мкм до 33 мкм, на кожній стороні гарячекатаної листової сталі з нанесеним покриттям і в кожному місці розташування на кожній стороні гарячекатаної листової сталі з нанесеним покриттям.

Гарячекатана листову сталь із нанесеним покриттям призначена для гарячого штампування.

З цією метою гарячекатану листову сталь із нанесеним покриттям розрізають для одержання заготовки. Необов'язково дана заготовка може бути зварена із іншою заготовкою для одержання, таким чином, звареної складеної заготовки (ЗСЗ), яка включає першу заготовку, вирізану із запропонованої винаходом гарячекатаної листової сталі з нанесеним покриттям, і другу заготовку. Друга заготовка також може бути отримана із запропонованої винаходом гарячекатаної листової сталі з нанесеним покриттям або може бути заготовкою, вирізаною з холоднокатаної листової сталі з нанесеним покриттям. Зокрема, перша заготовка, яка має товщину, яка знаходиться в межах від 1,8 мм до 5 мм, може бути зварена із іншою заготовкою, що має іншу товщину й/або виготовлену зі сталі, яка характеризується іншою композицією. Другу заготовку бажано виготовляють зі сталі, яка характеризується композицією, яка містить, у масових відсотках:

$$0,04 \leq C \leq 0,38,$$

$$0,40 \leq Mn \leq 3,$$

$$0,005 \leq Si \leq 0,70,$$

$$0,005 \leq Al \leq 0,1,$$

$$0,001 \leq Cr \leq 2,$$

$$0,001 \leq Ni \leq 2,$$

$$0,001 \leq Ti \leq 0,2,$$

$$Nb \leq 0,1,$$

$$B \leq 0,010,$$

$$0,0005 \leq N \leq 0,010,$$

$$0,0001 \leq S \leq 0,05,$$

$$0,0001 \leq P \leq 0,1,$$

$$Mo \leq 0,65,$$

$$W \leq 0,30,$$

$$Ca \leq 0,006,$$

при цьому решту композиції складають залізо та домішки, які неминуче утворюються у результаті виплавки.

Друга заготовка також може бути виготовлена зі сталі, яка характеризується композицією, яка містить, у масових відсотках:

$$\text{або } 0,24 \leq C \leq 0,38 \text{ і } 0,40 \leq Mn \leq 3,$$

$$\text{або } 0,38 \leq C \leq 0,43 \text{ і } 0,05 \leq Mn \leq 0,40,$$

$$0,10 \leq Si \leq 0,70,$$

$$0,015 \leq Al \leq 0,070,$$

$$0,001 \leq Cr \leq 2,$$

$$0,25 \leq Ni \leq 2,$$

$$0,015 \leq Ti \leq 0,1,$$

$$0 \leq Nb \leq 0,06,$$

$$0,0005 \leq B \leq 0,0040,$$

$$0,003 \leq N \leq 0,010,$$

$$0,0001 \leq S \leq 0,005,$$

$$0,0001 \leq P \leq 0,025,$$

при цьому рівні вмісту титану й азоту відповідають наступному співвідношенню:

$$Ti/N > 3,42,$$

причому рівні вмісту вуглецю, марганцю, хрому й кремнію відповідають наступному співвідношенню:

$$2,6C + \frac{Mn}{5,3} + \frac{Cr}{13} + \frac{Si}{15} \geq 1,1\%$$

при цьому хімічний склад необов'язково включає один з декількох наступних елементів, у масових відсотках:

- 5  $0,05 \leq Mo \leq 0,65$ ,  
 $0,001 \leq W \leq 0,30$ ,  
 $0,0005 \leq Ca \leq 0,005$ ,  
причому решту композиції складають залізо та домішки, які неминуче утворюються у результаті виплавки.

Заради спрощення термін "заготовка" буде використовуватися нижче в даному документі для позначення заготовки, отриманої із запропонованої винаходом гарячекатаної листової сталі з нанесеним покриттям, або звареної складеної заготовки, що включає дану заготовку.

Після цього заготовку піддають термічній обробці в печі до гарячого штампування та гарячому штампуванню для одержання гарячештампованої сталеві деталі з нанесеним покриттям.

15 Зокрема, заготовку нагрівають у печі до температури  $T_c$ , що робить можливим досягнення в сталевій основі щонайменше часткового перетворення на аустеніт. Дана температура, наприклад, перебуває в межах від  $860^\circ\text{C}$  до  $950^\circ\text{C}$ , а в загальному випадку перебуває в межах від  $880^\circ\text{C}$  до  $950^\circ\text{C}$ , таким чином, одержують нагріту заготовку.

20 Після цього нагріту заготовку видаляють із печі й переносять із печі в матрицю штампа, де її піддають гарячому деформуванню (гарячому штампуванню) з метою одержання деталі з бажаною геометрією для одержання гарячештампованої заготовки. Гарячештамповану заготовку охолоджують аж до  $400^\circ\text{C}$  із швидкістю охолодження  $V_f$ , яка бажано становить більше ніж  $10^\circ\text{C/s}$ , ще краще більше ніж  $30^\circ\text{C/s}$ , при одержанні, таким чином, гарячештампованої сталеві деталі з нанесеним покриттям.

25 Гарячештампована сталева деталь із нанесеним покриттям, яку одержують таким чином, характеризується винятково задовільною адгезією покриття.

Зокрема, процентний рівень поверхневих пористостей у покритті гарячештампованої сталеві деталі з нанесеним покриттям є меншим або дорівнює 3 %.

30 На додачу до цього, після нанесення лакофарбового покриття, наприклад, шляхом розпилення, адгезія лакофарбового покриття є винятково задовільною. Адгезія лакофарбового покриття, зокрема, може бути оцінена в ході проведення випробування на адгезію вологого лакофарбового покриття відповідно до стандарту ISO 2409:2007. Адгезія лакофарбового покриття буде вважатися високою у випадку одержання результату випробування на адгезію вологого лакофарбового покриття, меншого або рівного 2, і поганою у випадку одержання результату випробування на адгезію вологого лакофарбового покриття, що становить більше ніж 2.

#### Приклади

40 Гарячекатані листові сталі з нанесеними покриттями виготовляли шляхом відливання напівфабрикатів, які характеризуються композиціями, розкритими в таблиці 1, у масових відсотках:

Таблиця 1

| Сталь | C (%) | Mn (%) | Si (%) | Al (%) | Cr (%) | Ni (%) | Ti (%) | Nb (%) | B (%)  | N (%) | S (%)  | P (%) | Mo (%) | W (%) | Ca (%) |
|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|
| A     | 0,23  | 1,13   | 0,24   | 0,037  | 0,159  | 0,013  | 0,036  | 0,001  | 0,0016 | 0,005 | 0,0017 | 0,015 | 0,003  | 0,003 | 0,0016 |
| B     | 0,06  | 1,64   | 0,022  | 0,024  | 0,027  | 0,016  | 0,067  | 0,048  | -      | 0,005 | 0,004  | 0,016 | 0,003  | 0,002 | 0,0015 |
| C     | 0,36  | 1,24   | 0,226  | 0,032  | 0,111  | 0,105  | 0,034  | 0,001  | 0,0032 | 0,006 | 0,0014 | 0,015 | 0,021  | 0,004 | 0,0021 |
| D     | 0,344 | 0,61   | 0,541  | 0,030  | 0,354  | 0,417  | 0,034  | 0,038  | 0,0039 | 0,005 | 0,0004 | 0,008 | 0,205  | 0,003 | 0,0006 |
| E     | 0,07  | 1,62   | 0,36   | 0,040  | 0,09   | 0,012  | 0,021  | 0,051  | 0,0030 | 0,006 | 0,0010 | 0,012 | -      | 0,003 | 0,0004 |

Рівні вмісту Ni, представлені в таблиці 1 для сталей A, B і E, відповідають наявності Ni як залишкового (або домішки) елемента.

45 Напівфабрикати піддавали гарячій прокатці аж до одержання товщини  $t_h$  за температури чистової прокатки FRT.

Гарячекатаний сталевий виріб охолоджували до температури згортання в рулон  $T_{coil}$  і згортали в рулон за температури згортання в рулон  $T_{coil}$  для одержання гарячекатаних сталевих основ.

Після цього гарячекатані сталеві основи піддавали травленню у ванні HCl протягом періоду часу  $t_{pickling}$ . Після травлення із серцевини й області осі відбирали зразки гарячекатаних сталевих основ і для кожного зразка визначали процентний рівень поверхневих пористостей у поверхневій області відповідно до методики, описаної вище в даному документі.

Після цього на гарячекатані сталеві основи наносили покриття способом занурення в розплав. Таблиця 2 демонструє композиції ванн, що використовувалися для занурення зразків у розплави. Цільовою була товщина покриття, яка знаходиться в межах від 20 до 33 мкм на кожній стороні листа.

Таблиця 2

| Покриття | Si (%) | Fe (%) | Zn (%) | Mg (%) | Al (%) + домішки |
|----------|--------|--------|--------|--------|------------------|
| $\alpha$ | 9      | 3      | <0,1   | <0,1   | 88               |
| $\beta$  | 3,4    | 1,4    | 15,6   | 1,8    | 77,8             |

Після нанесення покриття способом занурення в розплав деякі з гарячекатаних листів з нанесеними покриттями піддавали осадженню Zn при 0,7 мкм на покритті зі сплаву Al шляхом електроосадження.

Після нанесення покриття із серцевини й області осі листів відбирали зразки і для кожного зразка визначали глибину окислення на межі зерен відповідно до методики, описаної вище в даному документі. На додачу до цього, визначали товщину покриття й товщину інтерметалічного шару.

Отримані у такий спосіб гарячекатані листові сталі з нанесеними покриттями розрізали для одержання заготовок. Вирізані із серцевини й області осі заготовки гарячекатаних листових сталей з нанесеними покриттями, нагрівали в печі до температури 920 °C протягом періоду часу  $t_c$ . Даний період часу  $t_c$  включає фазу нагрівання до цільової температури й фазу витримування за даної температури. Після цього нагріті заготовки переводили в матрицю штампа, піддавали гарячому штампуванню й охолодженню аж до кімнатної температури.

Від кожної гарячештампованої деталі з нанесеним покриттям відбирали зразок і оцінювали адгезію покриття шляхом визначення процентного рівня поверхневих пористостей у покритті відповідно до описаної вище методики. Крім того, вимірювали товщину покриття.

На закінчення, на одну сторону кожної деталі наносили електроосаджуване лакофарбове покриття при 20 мкм і оцінювали адгезію лакофарбового покриття на деталях з використанням випробування на адгезію вологого лакофарбового покриття відповідно до стандарту ISO 2409:2007. Адгезія лакофарбового покриття вважалася високою у випадку одержання результату даного випробування, меншого або рівного 2, і поганою у випадку одержання результату даного випробування, який становить більше ніж 2.

У всіх даних прикладах ширина листів становила 1 м.

Умови виготовлення (композиція сталі, товщина  $t_h$  після гарячої прокатки, температура чистової прокатки FRT, частка аустеніту безпосередньо перед згортанням у рулон  $f_y$  і максимальна температура згортання в рулон  $T_{coilmax}$ , температура згортання в рулон  $T_{coil}$ , час травлення  $t_{pickling}$  і час нагрівання  $t_c$ ) для кожної деталі вказуються в таблиці 3.

Таблиця 3

| Зразок | Сталь | Покриття | Електроосаджене покриття з Zn | $t_h$ (мм) | FRT (°C) | $f_y$ | $T_{coil\ max}$ (°C) | $T_{coil}$ (°C) | $t_{pickling}$ (c) | $t_c$ (c) |
|--------|-------|----------|-------------------------------|------------|----------|-------|----------------------|-----------------|--------------------|-----------|
| 1      | A     | $\alpha$ | HEMAE                         | 3,3        | 875      | 0,65  | 559                  | 585             | 25                 | 600       |
| 2      | A     | $\alpha$ | HEMAE                         | 3,3        | 875      | 0,65  | 559                  | 655             | 45                 | 600       |
| 3      | A     | $\alpha$ | HEMAE                         | 3,3        | 875      | 0,65  | 559                  | 585             | 45                 | 600       |
| 4      | A     | $\alpha$ | HEMAE                         | 3,3        | 875      | 0,65  | 559                  | 585             | 375                | 600       |
| 5      | A     | $\alpha$ | HEMAE                         | 3,3        | 850      | 0,61  | 565                  | 540             | 375                | 600       |
| 6      | A     | $\alpha$ | HEMAE                         | 3,3        | 850      | 0,59  | 567                  | 515             | 16                 | 600       |
| 7      | A     | $\alpha$ | HEMAE                         | 3,3        | 850      | 0,59  | 567                  | 515             | 21                 | 600       |
| 8      | A     | $\alpha$ | HEMAE                         | 3,3        | 885      | 0,87  | 528                  | 520             | 28                 | 600       |
| 9      | A     | $\alpha$ | HEMAE                         | 3,3        | 885      | 0,87  | 528                  | 520             | 35                 | 600       |

|    |   |          |       |     |     |      |     |     |    |     |
|----|---|----------|-------|-----|-----|------|-----|-----|----|-----|
| 10 | A | $\alpha$ | HEMAЕ | 3,3 | 905 | 0,88 | 527 | 510 | 26 | 600 |
| 11 | A | $\alpha$ | HEMAЕ | 3,3 | 905 | 0,88 | 527 | 510 | 23 | 600 |
| 12 | A | $\alpha$ | HEMAЕ | 3,3 | 865 | 0,61 | 565 | 533 | 63 | 600 |
| 13 | A | $\alpha$ | HEMAЕ | 3,3 | 905 | 0,87 | 528 | 519 | 22 | 600 |
| 14 | A | $\alpha$ | HEMAЕ | 3,3 | 904 | 0,87 | 528 | 515 | 15 | 600 |
| 15 | A | $\alpha$ | HEMAЕ | 3,3 | 867 | 0,64 | 560 | 554 | 52 | 600 |
| 16 | A | $\alpha$ | HEMAЕ | 3,3 | 861 | 0,64 | 560 | 548 | 24 | 600 |
| 17 | A | $\alpha$ | HEMAЕ | 3,3 | 851 | 0,85 | 531 | 476 | 45 | 600 |
| 18 | A | $\alpha$ | HEMAЕ | 3,3 | 857 | 0,83 | 534 | 504 | 60 | 600 |
| 19 | B | $\alpha$ | HEMAЕ | 2,6 | 845 | 0,1  | 636 | 655 | 41 | 520 |
| 20 | B | $\alpha$ | HI    | 2,6 | 905 | 0,1  | 636 | 555 | 25 | 520 |
| 21 | B | $\alpha$ | HI    | 2,6 | 845 | 0,1  | 636 | 555 | 60 | 520 |
| 22 | C | $\alpha$ | HI    | 3,2 | 905 | 0,8  | 538 | 655 | 21 | 600 |
| 23 | D | $\alpha$ | HI    | 3,2 | 875 | 0,9  | 495 | 531 | 28 | 600 |
| 24 | D | $\alpha$ | HI    | 3,2 | 872 | 0,9  | 495 | 495 | 38 | 600 |
| 25 | D | $\alpha$ | HI    | 3,2 | 874 | 0,9  | 495 | 581 | 20 | 600 |
| 26 | E | $\alpha$ | HI    | 3,3 | 880 | 0,5  | 580 | 545 | 24 | 600 |
| 27 | A | $\beta$  | HI    | 3,1 | 885 | 0,65 | 559 | 655 | 25 | 600 |
| 28 | A | $\beta$  | HI    | 3,1 | 885 | 0,84 | 532 | 515 | 21 | 600 |
| 29 | A | $\alpha$ | TAK   | 3,3 | 862 | 0,62 | 563 | 515 | 22 | 600 |

У даній таблиці підкреслені значення є такими, що не відповідають винаходу.

- 5 Властивості, визначені для кожної гарячекатаної сталеві основи, гарячекатаної листової сталі або гарячекатаної сталеві деталі, (процентний рівень поверхневих пористостей  $SV_{ss}$  у поверхневій області гарячекатаної сталеві основи, глибина окислення на межі зерен  $D_{io}$  гарячекатаної листової сталі, товщина покриття  $C_t$ , товщина  $IM_t$  інтерметалічного шару та процентний рівень поверхневих пористостей у покритті гарячештампованої деталі  $SP_{coating}$  і якість адгезії лакофарбового покриття – висока або погана) вказуються в таблиці 4.

Таблиця 4

| Зразок | $SV_{ss}$ (%) | $D_{io}$ (мкм) | $C_t$ (мкм) | $IM_t$ (мкм) | $SP_{coating} < 3$ % | Адгезія лакофарбового покриття |
|--------|---------------|----------------|-------------|--------------|----------------------|--------------------------------|
| 1      | 18,1          | 5              | 27,5        | 11,4         | HI                   | Погана                         |
| 2      | 17,1          | 10             | 30,52       | 8,6          | HI                   | Погана                         |
| 3      | 17,5          | 4              | 27,9        | 11,2         | HI                   | Погана                         |
| 4      | 37,1          | H3             | 37,6        | 37,6         | TAK                  | Висока                         |
| 5      | 5,7           | 0              | 31,8        | 10,9         | TAK                  | Висока                         |
| 6      | 18,2          | 0              | 31,2        | 12,8         | TAK                  | Висока                         |
| 7      | 11            | 0              | 29          | 11           | TAK                  | Висока                         |
| 8      | 15,3          | 0              | 29,6        | 12           | TAK                  | Висока                         |
| 9      | 19,9          | 0              | 24,3        | 10,4         | TAK                  | Висока                         |
| 10     | HB            | 2              | 23          | 10,4         | TAK                  | Висока                         |
| 11     | 11,5          | 2              | 21,3        | 11,7         | TAK                  | Висока                         |
| 12     | 10,8          | 0              | 21,9        | 10,3         | TAK                  | Висока                         |
| 13     | 14,2          | 2              | 26,9        | 12,6         | TAK                  | Висока                         |
| 14     | 14,4          | 0              | 28,4        | 10,5         | TAK                  | Висока                         |
| 15     | 20,2          | 0              | 23,5        | 10,2         | TAK                  | Висока                         |
| 16     | 13,9          | 0              | 22,7        | 10,9         | TAK                  | Висока                         |

|    |     |    |      |      |       |        |
|----|-----|----|------|------|-------|--------|
| 17 | 13  | 0  | 26,5 | 9,9  | ТАК   | Висока |
| 18 | 16  | 0  | 27,2 | 11,1 | ТАК   | Висока |
| 19 | НВ  | 9  | 28,2 | 8,7  | НІ    | Погана |
| 20 | НВ  | 0  | 22,6 | 11,8 | ТАК   | Висока |
| 21 | НВ  | 0  | 26,8 | 10,3 | ТАК   | Висока |
| 22 | НВ  | 12 | 30   | 10   | НІ    | Погана |
| 23 | НВ  | 8  | 27,6 | 10,1 | НІ    | Погана |
| 24 | НВ  | 0  | 24,9 | 9,9  | ТАК   | Висока |
| 25 | НВ  | 9  | 28,4 | 11,5 | НІ    | Погана |
| 26 | 7,0 | 0  | 27,1 | 11   | ТАК   | Висока |
| 27 | НВ  | 13 | 23   | 7    | НЕМАЄ | Погана |
| 28 | НВ  | 2  | 28,1 | 10,7 | ТАК   | Висока |
| 29 | НВ  | 0  | 26,2 | 11,1 | ТАК   | Висока |

У таблиці 4 термін "НВ" позначає "не визначали", а термін "НЗ" позначає "не застосовували".

Зразки 1-4, 19, 22, 23, 25 і 27 виготовляли з використанням температур згортання в рулон, які не відповідали винаходу. Зокрема, зразки 1-4, 19, 22, 23, 25 і 27 згортали в рулон за температури, більшої, ніж максимальна температура згортання в рулон  $T_{coilmax}$ , що призводить до одержання великої глибини окислення на межі зерен до травлення.

Зразки 1-3, 19, 22, 23, 25 і 27 піддавали травленню за звичайних умов, тобто, протягом періоду часу в межах від 15 до 65 с. Внаслідок температури згортання в рулон і умов травлення, глибина окислення на межі зерен листової сталі (визначена після нанесення покриття) для зразків 1-3, 19, 22, 23, 25 і 27 є більшою або дорівнює 4 мкм, тобто є більшою, ніж максимальна глибина припустимого окислення.

Таким чином, після гарячого штампування процентний рівень поверхневих пористостей у покритті становить більше ніж 3 %, а адгезія лакофарбового покриття є поганою.

На додачу до цього, у прикладі 23, отриманому зі сталі Е, яка містить 0,417 % Ni, згортання в рулон проводили за температури 531 °С. Внаслідок цього, на листі до травлення й після травлення була присутня велика кількість окалини, яка прилипла до поверхні. Видалення даної окалини потребувало б проведення інтенсивного травлення, що, однак, значною мірою зменшило б продуктивність на технологічній лінії травлення.

Подібні результати могли б бути отримані з використанням температури згортання в рулон, яка становить менше ніж 531 °С, але більше ніж 495 °С. Зразок 4 піддавали інтенсивному травленню протягом періоду часу 375 с. Внаслідок температури згортання в рулон і умов травлення, навіть за відсутності в гарячекатаній листовій сталі окислення на межі зерен після нанесення покриття процентний рівень поверхневих пористостей у поверхневій області сталевих основи до нанесення покриття був дуже високим (37,1 %). У результаті під час нанесення покриття шляхом занурення в розплав відбувався неконтрольований ріст інтерметалічного шару, так що товщина покриття не могла контролюватися на рівні значення в діапазоні 20-33 мкм, при цьому товщина покриття для зразка 4 становить 37,6 мкм.

На противагу до цього, зразок 5 піддавали інтенсивному травленню протягом того ж самого періоду часу, що й зразок 4, але на відміну від зразка 4 його виготовляли з використанням запропонованої винаходом температури згортання в рулон. Таким чином, до травлення гарячекатана сталева основа не мала будь-якого окислення на межі зерен або мала незначне окислення на межі зерен, так що після травлення процентний рівень поверхневих пористостей у поверхневій області сталевих основи був низьким (5 %), на противагу до зразка 4. У результаті товщину покриття могли контролювати на рівні значення в діапазоні 20-33 мкм. Таким чином, як це ілюструє порівняння зразків 4 і 5, умови виготовлення, які відповідають запропонованим винаходом, роблять можливим досягнення поліпшеної адгезії покриття після гарячого штампування й чудової адгезії лакофарбового покриття при одночасному забезпеченні контролю товщини покриття.

На додачу до цього, як це демонструє порівняння зразків 5 і 6, які піддають або інтенсивному (зразок 5) або помірному (зразок 6) травленню, за умов, у яких обирають запропоновану винаходом температуру згортання в рулон, інтенсивність травлення не має будь-якого впливу на адгезію покриття й не впливає на контролювання товщини покриття.

Як це демонструють дані результати, у технологічному процесі винаходу інтенсивність травлення може бути зменшена без погіршення адгезії покриття після гарячого штампування.

Таким чином, технологічний процес винаходу не вимагає проведення інтенсивного травлення. Тому технологічний процес винаходу робить можливим виробництво гарячекатаної листової сталі з нанесеним покриттям, що має товщину, яка знаходиться в межах від 1,8 мм до 5 мм, за наявності поліпшеної адгезії покриття після гарячого штампування при одночасному

забезпеченні контролю товщини покриття гарячекатаної листової сталі з нанесеним покриттям на рівні значення в цільовому діапазоні, зокрема, у діапазоні, який знаходиться в межах від 10 до 33 мкм, без зменшення продуктивності на технологічній лінії травлення.

Як це демонструють приклади від 5 до 18, 20, 21, 24, 26, 28 і 29, у випадку виробництва гарячекатаної листової сталі з нанесеним покриттям з використанням запропонованого

винаходом способу, гарячекатана листовая сталь не буде мати будь-якого окислення на межі зерен або буде мати незначне окислення на межі зерен, так що процентний рівень поверхневих пористостей у покритті гарячештампованої деталі  $SP_{\text{coating}}$  є низьким, і адгезія лакофарбового покриття є високою. На додачу до цього, глибина окислення на межі зерен до травлення є незначною, так що процентний рівень поверхневих пористостей у поверхневій області сталевих основи до нанесення покриття є низьким. Як наслідок цього, товщина покриття може контролюватися на рівні значення в діапазоні 20-33 мкм.

Зокрема, зразок 24 виготовляють зі сталі D, яка характеризується композицією, що відповідає другому аспекту винаходу. Температура згортання в рулон менша або дорівнює 495 °C. Внаслідок температури згортання в рулон, гарячекатана листовая сталь не має будь-якого окислення на межі зерен або включає незначне окислення на межі зерен, процентний рівень поверхневих пористостей у покритті гарячештампованої деталі  $SP_{\text{coating}}$  є низьким, і адгезія лакофарбового покриття є високою. На додачу до цього, глибина окислення на межі зерен до травлення є незначною, так що процентний рівень поверхневих пористостей у поверхневій області сталевих основи до нанесення покриття є низьким. Внаслідок цього, товщина покриття може контролюватися на рівні значення в діапазоні 20-33 мкм. Крім того, час травлення міг би бути зменшеним для досягнення високої продуктивності на технологічній лінії травлення.

#### ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

1. Спосіб виготовлення гарячекатаної листової сталі з покриттям, яка має товщину, яка знаходиться в межах від 1,8 до 5 мм, при цьому спосіб включає етапи, на яких: забезпечують наявність сталевих напівфабрикату, який має такий хімічний склад, виражений у масових відсотках:

$0,24 \leq C \leq 0,38$ ,  
 $0,40 \leq Mn \leq 3$ ,  
 $0,10 \leq Si \leq 0,70$ ,  
 $0,015 \leq Al \leq 0,070$ ,  
 $0,001 \leq Cr \leq 2$ ,  
 $0,25 \leq Ni \leq 2$ ,  
 $0,015 \leq Ti \leq 0,1$ ,  
 $0 < Nb \leq 0,06$ ,  
 $0,0005 \leq B \leq 0,0040$ ,  
 $0,003 \leq N \leq 0,010$ ,  
 $0,0001 \leq S \leq 0,005$ ,  
 $0,0001 \leq P \leq 0,025$ ,

при цьому рівні вмісту титану і азоту задовольняють такому співвідношенню:

$Ti/N > 3,42$ ,

причому рівні вмісту вуглецю, марганцю, хрому і кремнію задовольняють такому співвідношенню:

$$\frac{C}{2,6} + \frac{Mn}{5,3} + \frac{Si}{13} + \frac{Cr}{15} \geq 1,1\%$$

причому решта припадає на залізо і неминучі домішки;

здійснюють гарячу прокатку сталевих напівфабрикату при температурі чистової прокатки FRT, що знаходиться в межах від 840 до 1000 °C, так, щоб одержати гарячекатаний сталевий виріб,

який має товщину, яка знаходиться в межах від 1,8 до 5 мм, після цього

охолоджують гарячекатаний сталевий виріб до температури змотування в рулон  $T_{\text{coil}}$  і змотують гарячекатаний сталевий виріб в рулон при згаданій температурі змотування в рулон  $T_{\text{coil}}$  для одержання гарячекатаної сталевих підкладки, при цьому температура змотування в рулон  $T_{\text{coil}}$

задовольняє співвідношенню:

$$450 \leq T_{\text{coil}} \leq 495 \text{ } ^\circ\text{C},$$

здійснюють травлення гарячекатаної сталевної підкладки,

і наносять на гарячекатану сталеву підкладку покриття з Al або сплаву Al за допомогою безперервного занурення у ванну розплаву для одержання гарячекатаної листової сталі з покриттям, яка містить гарячекатану листову сталь і покриття з Al або сплаву Al, і має товщину, яка знаходиться в межах від 10 до 33 мкм, на кожній стороні гарячекатаної листової сталі.

2. Спосіб за п. 1, у якому хімічний склад додатково містить один або декілька з наступних елементів, у масових відсотках:

$$0,05 \leq \text{Mo} \leq 0,65,$$

$$0,001 \leq \text{W} \leq 0,30,$$

$$0,0005 \leq \text{Ca} \leq 0,005.$$

3. Спосіб за п. 1 або 2, в якому після травлення і до нанесення покриття рівень поверхневого процентного вмісту порожнин в поверхневій області гарячекатаної сталевної підкладки складає менше ніж 30 %, при цьому поверхневу область визначають як область, яка проходить від верхньої точки поверхні гарячекатаної сталевної підкладки до глибини 15 мкм від даної верхньої точки.

4. Спосіб за будь-яким з пп. 1-3, в якому гарячекатана листова сталь характеризується глибиною окиснення по границях зерен, яка становить менше ніж 4 мкм.

5. Спосіб за будь-яким з пп. 1-4, в якому ванна містить, у масових відсотках: від 8 до 11 кремнію і від 2 до 4 заліза, при цьому решта являє собою алюміній або алюмінієвий сплав і неминучі домішки.

6. Спосіб за будь-яким з пп. 1-4, в якому ванна містить, у масових відсотках: від 2,0 до 24,0 цинку, від 7,1 до 12,0 кремнію, необов'язково від 1,1 до 8,0 магнію, і необов'язково додаткові елементи, вибрані з Pb, Ni, Zr або Hf, при цьому рівень вмісту кожного додаткового елемента становить менше 0,3 %, причому решта являє собою алюміній і неминучі домішки, при цьому співвідношення Al/Zn перевищує 2,9.

7. Спосіб за будь-яким з пп. 1-4, в якому ванна містить, у масових відсотках: від 4,0 до 20,0 цинку, від 1 до 3,5 кремнію, необов'язково від 1,0 до 4,0 магнію, і необов'язково додаткові елементи, вибрані з Pb, Ni, Zr або Hf, при цьому рівень вмісту кожного додаткового елемента становить менше 0,3 %, причому решта являє собою алюміній і неминучі домішки, при цьому співвідношення Zn/Si знаходиться в межах від 3,2 до 8,0.

8. Спосіб за будь-яким з пп. 1-4, в якому ванна містить, у масових відсотках: від 2,0 до 24,0 цинку, від 1,1 до 7,0 кремнію, необов'язково від 1,1 до 8,0 магнію при кількості кремнію, що знаходиться в діапазоні від 1,1 до 4,0, і необов'язково додаткові елементи, вибрані з Pb, Ni, Zr або Hf, при цьому рівень вмісту кожного додаткового елемента становить менше 0,3 %, причому решта являє собою алюміній і неминучі домішки, при цьому співвідношення Al/Zn становить більше ніж 2,9.

9. Спосіб за будь-яким з пп. 1-8 також включає після нанесення на гарячекатану листову сталь покриття з Al або сплаву Al стадію осадження покриття з Zn на покриття з Al або сплаву Al в результаті дифузійного насичення за допомогою електроосадження або струминного нанесення осадженням парів зі швидкістю звуку, при цьому покриття з Zn має товщину, меншу або рівну 1,1 мкм.

10. Гарячекатана листова сталь з покриттям, яка містить:

гарячекатану листову сталь, яка має товщину, що знаходиться в межах від 1,8 до 5 мм, хімічний склад якої містить, у масових відсотках:

$$0,24 \leq \text{C} \leq 0,38,$$

$$0,40 \leq \text{Mn} \leq 3,$$

$$0,10 \leq \text{Si} \leq 0,70,$$

$$0,015 \leq \text{Al} \leq 0,070,$$

$$0,001 \leq \text{Cr} \leq 2,$$

$$0,25 \leq \text{Ni} \leq 2,$$

$$0,015 \leq \text{Ti} \leq 0,1,$$

$$0 < \text{Nb} \leq 0,06,$$

$$0,0005 \leq \text{B} \leq 0,0040,$$

$$0,003 \leq \text{N} \leq 0,010,$$

$$0,0001 \leq \text{S} \leq 0,005,$$

$$0,0001 \leq \text{P} \leq 0,025,$$

при цьому рівні вмісту титану і азоту задовольняють такому співвідношенню:

$Ti/N > 3,42$ ,

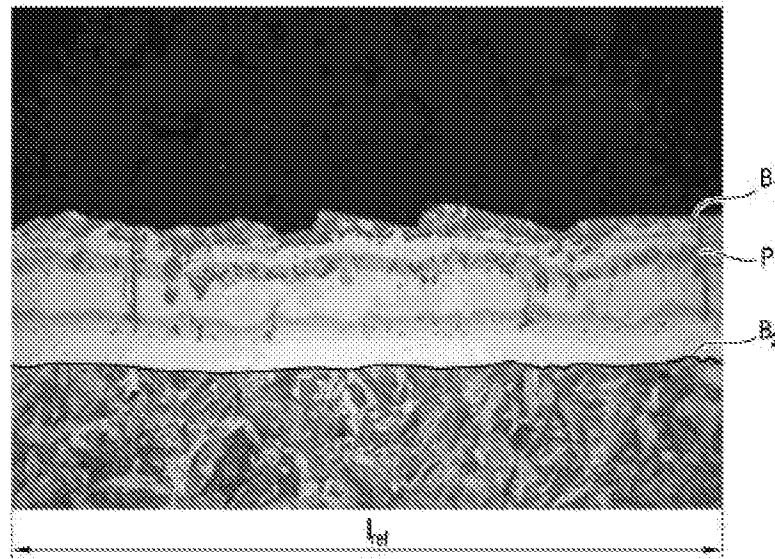
причому рівні вмісту вуглецю, марганцю, хрому і кремнію задовольняють такому співвідношенню:

$$\frac{2,6C}{5,3} + \frac{Mn}{13} + \frac{Si}{15} \geq 1,1\%$$

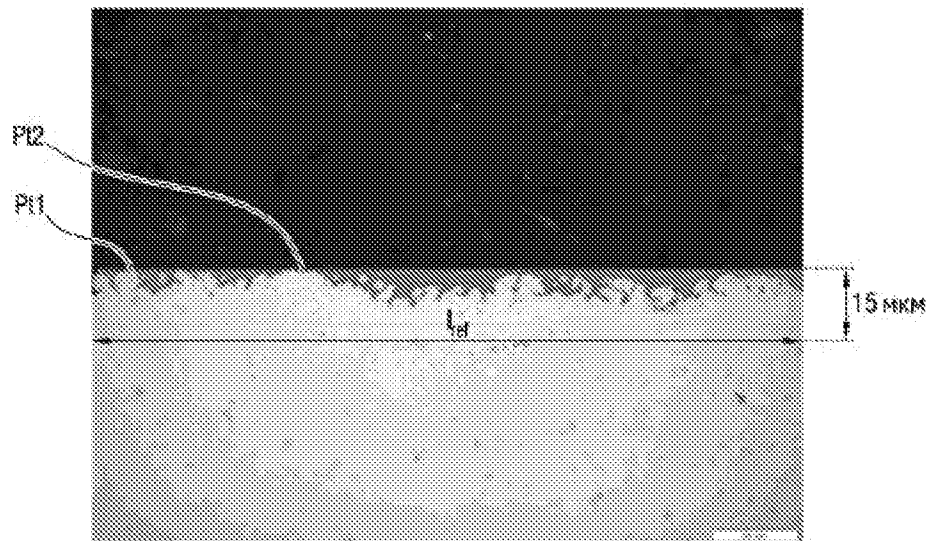
- 5 при цьому решта являє собою залізо і неминучі домішки,  
при цьому згадана гарячекатана листова сталь характеризується глибиною окиснення по границях зерен, яка становить менше ніж 4 мкм; і  
покриття з Al або сплаву Al, має товщину, яка знаходиться в межах від 10 до 33 мкм, на кожній стороні гарячекатаної листової сталі.
- 10 11. Листова сталь за п. 10 в якій хімічний склад необов'язково містить один з кількох наступних елементів, у масових відсотках:  
 $0,05 \leq Mo \leq 0,65$ ,  
 $0,001 \leq W \leq 0,30$ ,  
 $0,0005 \leq Ca \leq 0,005$ .
- 15 12. Листова сталь за п. 10 або 11, в якій покриття включає інтерметалічний шар, який має товщину, меншу або рівну 15 мкм.  
13. Листова сталь за будь-яким з пп. 10-12, в якій гарячекатана листова сталь з покриттям також містить на кожній стороні покриття з Zn, яке має товщину, меншу або рівну 1,1 мкм.  
14. Спосіб виготовлення гарячештампованої сталевих деталі з покриттям, який включає такі
- 20 стадії:  
забезпечують наявність гарячекатаної листової сталі з покриттям за будь-яким з пп. 10-13 або здійснюють спосіб за будь-яким з пп. 1-9 для одержання, в такий спосіб, гарячекатаної листової сталі з покриттям,  
розрізають гарячекатану листову сталь з покриттям для одержання заготовки,  
25 нагрівають заготовку в печі до температури  $T_c$  для одержання нагрітої заготовки,  
переводять нагріту заготовку в матрицю штампа і здійснюють гаряче штампування нагрітої заготовки в матриці штампа для одержання, в такий спосіб, гарячештампованої заготовки,  
охладжують гарячештамповану заготовку до температури, яка становить менше ніж 400 °C,  
для одержання гарячештампованої сталевих деталі з покриттям.
- 30 15. Спосіб за п. 14, в якому після розрізання гарячекатаної листової сталі з покриттям для одержання заготовки і до нагрівання заготовки до температури  $T_c$  заготовку зварюють з ще однією заготовкою, виготовленою зі сталі, яка характеризується наступним хімічним складом, що містить, у масових відсотках:  
 $0,04 \leq C \leq 0,38$ ,  
35  $0,40 \leq Mn \leq 3$ ,  
 $0,005 \leq Si \leq 0,70$ ,  
 $0,005 \leq Al \leq 0,1$ ,  
 $0,001 \leq Cr \leq 2$ ,  
 $0,001 \leq Ni \leq 2$ ,  
40  $0,001 \leq Ti \leq 0,2$ ,  
 $Nb \leq 0,1$ ,  
 $B \leq 0,010$ ,  
 $0,0005 \leq N \leq 0,010$ ,  
 $0,0001 \leq S \leq 0,05$ ,  
45  $0,0001 \leq P \leq 0,1$ ,  
 $Mo \leq 0,65$ ,  
 $W \leq 0,30$ ,  
 $Ca \leq 0,006$ ,  
при цьому решта являє собою залізо і неминучі домішки.
- 50 16. Спосіб за п. 14, в якому після розрізання гарячекатаної листової сталі з покриттям для одержання заготовки і до нагрівання заготовки до температури  $T_c$  заготовку зварюють з ще однією заготовкою, виготовленою зі сталі, яка характеризується хімічним складом, який містить, у масових відсотках:  
або  $0,24 \leq C \leq 0,38$  і  $0,40 \leq Mn \leq 3$ ,  
55 або  $0,38 \leq C \leq 0,43$  і  $0,05 \leq Mn \leq 0,40$ ,  
 $0,10 \leq Si \leq 0,70$ ,  
 $0,015 \leq Al \leq 0,070$ ,

- 0,001≤Cr≤2,  
0,25≤Ni≤2,  
0,015≤Ti≤0,1,  
0<Nb≤0,06,  
5 0,0005≤B≤0,0040,  
0,003≤N≤0,010,  
0,0001≤S≤0,005,  
0,0001≤P≤0,025,  
при цьому рівні вмісту титану і азоту задовольняють такому співвідношенню:  
10  $Ti/N > 3,42$ ,  
причому рівні вмісту вуглецю, марганцю, хрому і кремнію задовольняють такому співвідношенню:  
$$2,6C + \frac{Mn}{5,3} + \frac{Cr}{13} + \frac{Si}{15} \geq 1,1\%$$
,
- при цьому хімічний склад необов'язково містить один з кількох наступних елементів, у масових відсотках:  
15 0,05≤Mo≤0,65,  
0,001≤W≤0,30,  
0,0005≤Ca≤0,005,  
при цьому решта являє собою залізо і немінучі домішки.
- 20 17. Гарячештампована сталева деталь з покриттям, яка містить щонайменше одну ділянку, що має товщину, яка знаходиться в межах від 1,8 до 5 мм, при цьому згадана гарячештампована сталева деталь з покриттям має покриття з Al або сплаву Al, причому покриття характеризується рівнем поверхневого процентного вмісту поруватості, що є меншим або рівним 3 %, при цьому згадана ділянка одержана зі сталі, яка характеризується таким хімічним складом, який містить, у масових відсотках:  
25 0,24≤C≤0,38,  
0,40≤Mn≤3,  
0,10≤Si≤0,70,  
0,015≤Al≤0,070,  
30 0,001≤Cr≤2,  
0,25≤Ni≤2,  
0,015≤Ti≤0,1,  
0<Nb≤0,06,  
0,0005≤B≤0,0040,  
35 0,003≤N≤0,010,  
0,0001≤S≤0,005,  
0,0001≤P≤0,025,  
при цьому рівні вмісту титану і азоту задовольняють такому співвідношенню:  
 $Ti/N > 3,42$ ,  
40 причому рівні вмісту вуглецю, марганцю, хрому і кремнію задовольняють такому співвідношенню:  
$$2,6C + \frac{Mn}{5,3} + \frac{Cr}{13} + \frac{Si}{15} \geq 1,1\%$$
,
- при цьому решта являє собою залізо і немінучі домішки.
- 45 18. Сталева деталь за п. 17, у якій хімічний склад додатково містить один або декілька з наступних елементів, у масових відсотках:  
0,05≤Mo≤0,65,  
0,001≤W≤0,30,  
0,0005≤Ca≤0,005.
- 50 19. Застосування гарячештампованої сталевих деталі з покриттям за п. 17 або 18 або гарячештампованої сталевих деталі з покриттям, одержаної способом за будь-яким з пп. 14-16, для виготовлення деталей шасі чи для автомобільних транспортних засобів.
20. Застосування гарячештампованої сталевих деталі з покриттям за п. 17 або 18 або гарячештампованої сталевих деталі з покриттям, отриманої способом за будь-яким з пп. 14-16, для виготовлення незабарвленого кузова для автомобільних транспортних засобів.
- 55 21. Застосування гарячештампованої сталевих деталі з покриттям за п. 17 або 18 або

гарячештампованої сталеві деталі з покриттям, отриманої способом за будь-яким з пп. 14-16, для виготовлення важелів підвіски для автомобільних транспортних засобів.



Фіг. 1



Фіг. 2