



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **96782** (13) **U**  
(51) МПК  
**C21D 1/04** (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ**

|   |   |
|---|---|
| <p>(21) Номер заявки: <b>u 2014 10886</b></p> <p>(22) Дата подання заявки: <b>06.10.2014</b></p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: <b>10.02.2015</b></p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: <b>10.02.2015, Бюл.№ 3</b></p> | <p>(72) Винахідник(и):<br/><b>Д'яченко Світлана Степанівна (UA),<br/>Дощечкіна Ірина Василівна (UA),<br/>Татаркіна Ірина Сергіївна (UA),<br/>Пономаренко Ігор Володимирович (UA),<br/>Лобанов Віктор Костянтинович (UA)</b></p> <p>(73) Власник(и):<br/><b>ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ<br/>АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНІЙ<br/>УНІВЕРСИТЕТ,</b><br/>вул. Петровського, 25, м. Харків, 61002 (UA),<br/><b>Д'яченко Світлана Степанівна,</b><br/>вул. Пушкінська, 79, кв. 8, м. Харків, 61023 (UA),<br/><b>Дощечкіна Ірина Василівна,</b><br/>вул. Фрунзе, 20, кв. 25, м. Харків, 61002 (UA),<br/><b>Татаркіна Ірина Сергіївна,</b><br/>вул. П. Свиначенко, 18, кв. 6, м. Харків, 61000 (UA),<br/><b>Пономаренко Ігор Володимирович,</b><br/>вул. Греківська, 5, кв. 102, м. Харків, 61010 (UA),<br/><b>Лобанов Віктор Костянтинович,</b><br/>вул. Ощепкова, 14, кв. 61, м. Харків, 61099 (UA)</p> |
|---|---|

**(54) СПОСІБ ПІДВИЩЕННЯ ДЕФОРМІВНОСТІ ХОЛОДНОКАТАНОЇ ТОНКОЛИСТОВОЇ СТАЛІ, ПРИЗНАЧЕНОЇ ДЛЯ ХОЛОДНОГО ШТАМПУВАННЯ**

**(57) Реферат:**

Спосіб підвищення деформівності холоднокатаної тонколистової сталі, призначеної для холодного штампування, включає бомбардування низькоенергетичними іонами титану та структурне перетворення поверхневого шару сталевого виробу. Дію бомбардування низькоенергетичними іонами спрямовують на поверхню холоднокатаного сталевого листа товщиною 0,4-2 мм, відношення площі поверхні до об'єму якого перевищує 1, а бомбардуванню піддають по черзі кожну сторону листа за 1 цикл протягом 1 хв.

**UA 96782 U**



Корисна модель належить до матеріалознавства, зокрема до поверхневих способів обробки, з метою підвищення технологічної пластичності холоднокатаної тонколистової сталі, призначеної для холодного штампування.

5 Корисна модель може бути використана на машинобудівних підприємствах, де холодним штампуванням виготовляють широку номенклатуру виробів з тонколистового холоднокатаного прокату, а також на металургійних підприємствах, де виготовляють сталеві листи.

10 Технологічна пластичність холоднокатаної тонколистової сталі (товщина листа 0,4-2 мм), призначеної для холодного штампування, згідно з діючим ГОСТ 9045-93, характеризується категорією витягування, яка визначається при випробуваннях за Ериксоном максимальною глибиною лунки без утворення тріщин. У сучасному виробництві випускається лист таких категорій: глибокого витягування (ВГ), складного витягування (СВ), особливо складного витягування (ОСВ) та вельми особливо складного витягування (ВОСВ). З урахуванням вимог міжнародного стандарту ІСО/3574-86 введена ще одна характеристика витягування - ВОСВ-Т (з підвищеними технологічними властивостями).

15 На стадії виробництва головними важелями керування технологічною пластичністю є хімічний склад сталі і режим рекристалізаційного відпалу: чим менше в сталі вуглецю та домішкових елементів і чим нижча границя текучості після відпалу, тим вища здатність до витягування сталевих листів.

20 Згідно з ГОСТ 9045-93 границя текучості сталі з 0,08 % вуглецю, залежно від категорії, має бути: СВ - 205 МПа, ОСВ - 195 МПа, ВОСВ - 185 МПа, ВОСВ-Т - 175 МПа. Для категорії ВГ границя текучості не нормується. Сучасне виробництво, згідно з ГОСТ 9045-93, для сталі 08кп може забезпечити тільки категорію ВГ.

25 Дотепер не існує методу покращення технологічної пластичності вже готового холоднокатаного листа. На сьогодні лист приймають у такому вигляді, якого він набув після прокату та термічної обробки.

Відоме рішення за патентом України № 55911 (С21D1/04), яке спрямоване на підвищення конструктивної міцності сталевих виробів. Результат одержано внаслідок застосування технології іонного бомбардування. Цей спосіб за наявності спільних ознак, а саме - можливістю структурних перетворень в поверхневому шарі сталевих виробів дією бомбардування

30 низькоенергетичними іонами, прийнято за прототип рішення, що заявляється.

Спосіб за прототипом призначений для підвищення експлуатаційних властивостей лише масивних деталей машин діаметром від 5 до 12 мм (вироби типу болтів, шпильок тощо) і забезпечує одночасно значне підвищення міцності і пластичності.

35 Зважаючи на те, що в промисловості актуальною, але не вирішеною проблемою є підвищення пластичності холоднокатаного сталевих листів, а наші дослідження спрямовані саме на вирішення цієї задачі, вказаний спосіб прийнято за основу подальших досліджень.

Внаслідок проведених експериментів нами були зроблені наступні висновки.

40 1. При іонному бомбардуванні в поверхневому шарі виробу відбуваються два процеси - заліковування поверхневих дефектів і формування специфічної структури, яка поєднує елементи субмікроструктурної і нанокристалічної будови. Товщина шару такої модифікованої структури не перебільшує ~ 1 мкм.

45 2. Заліковування дефектів сприяє росту пластичності виробу. Формування поверхневого шару з комбінованою структурою дозволяє одночасно досягти в поверхневому шарі підвищення міцності при збереженні або, навіть, збільшенні пластичності. При цьому властивості серцевини виробу залишаються незмінними.

50 3. Виріб після ІБ по суті слід розглядати як створений з композиційного матеріалу - тонкого поверхневого шару з модифікованою специфічною структурою і основного металу, структура та властивості якого обумовлюються методом виготовлення (лиття, прокатування, кування тощо) і термічною обробкою. Взаємодія поверхневого шару та серцевини є визначальною для поведінки виробу при деформуванні як єдиного цілого тіла, так і для його властивостей. Якщо виріб є масивним, серцевина утруднює деформацію поверхневого шару та знижує загальну пластичність. Зі зменшенням перерізу підвищується внесок поверхневого шару, який є

55 Відповідальним за збільшення пластичності без знеміцнення.

Зі сказаного цілком зрозуміло, що величина ефекту впливу поверхневого шару на деформаційну поведінку виробу залежить від відношення його поверхні до об'єму, або, в перерахунку на одиницю довжини виробу, від відношення довжини окружності (а для плоского зразка - периметру) до площі поперечного перерізу.

60 Позначимо це відношення літерою А. У таблиці 1 наведено відношення А для циліндричних зразків різного діаметра та плоских стандартних зразків шириною 12,5 мм різної товщини.

Значення відношення А залежно від форми і розмірів зразка

| Зразок | Циліндричний |          |        | Плоский     |             |          |
|--------|--------------|----------|--------|-------------|-------------|----------|
|        | d=10 мм      | d=7,5 мм | d=5 мм | 12,5×1,2 мм | 12,5×0,5 мм | 12,5×0,4 |
| A      | 0,4          | 0,53     | 0,8    | 1,83        | 4,16        | 5,16     |

Чим більше А, тим більший внесок у властивості поверхневого шару, тим вищою має бути пластичність.

5 Дослідження показали, що при А менше одиниці переважає ефект зміцнення при збереженні пластичності. Якщо А більше одиниці, реалізується ефект пластифікування, але при цьому зміцнення зберігається.

10 В основу корисної моделі поставлено задачу підвищення деформівності холоднокатаної тонколистової сталі, призначеної для холодного штампування або будь-якого формозмінювання шляхом створення поверхневої структури, яка поєднує елементи субмікрокристалічної і нанокристалічної будови та зниження впливу серцевини заготовки на деформаційну поведінку поверхневого шару і, як наслідок, досягнення підвищення технологічної пластичності при збереженні міцності.

15 Поставлена задача вирішується тим, що у відомому способі, який містить бомбардування низькоенергетичними іонами титану та структурне перетворення поверхневого шару сталевго виробу, у відповідності до корисної моделі, дію бомбардування низькоенергетичними іонами титану спрямовують на поверхню холоднокатаного сталевго листа товщиною 0,4-2 мм, співвідношення площі та об'єму якого перевищує 1, а бомбардуванню піддають по черзі кожену сторону листа за 1 цикл протягом 1 хв.

20 Для реалізації способу, що заявляється, використовують відомий пристрій типу "Булат" (наприклад, ННВ-66-І1). Заготовку холоднокатаного сталевго листа товщиною до 2 мм розміщують у вакуумній камері на відстані 270-290 мм від катода, виконаного з титану. Бомбардування здійснюється в атмосфері аргону при тиску у камері 2,66 Па, силі струму 95-105 А, робочій напрузі 1,1-1,2 кВ.

25 Бомбардуванню піддають по черзі кожену сторону листа. Оскільки лист тонкий, важливим параметром є час обробки. Він має не перебільшувати 1 хв. на кожену сторону, щоб уникнути розігріву, що може призвести до короблення листа. Обробку кожної сторони проводять за 1 цикл. Після закінчення бомбардування заготовка охолоджується в камері з атмосферою аргону, щоб уникнути окиснення поверхні. За цих умов в поверхневому шарі листа формується специфічна структура, яка поєднує елементи субмікрокристалічної і нанокристалічної будови і при відношенні  $A > 1$  забезпечує безпрецедентне підвищення пластичності, що і було задачею корисної моделі. Виріб набуває нових властивостей без будь-якої додаткової обробки.

30 Випробуванням на розтяг піддавали холоднокатаний лист сталі 08кп товщиною 0,5 мм в стані постачання (вихідний) і після ІБ. Результати наведені в таблиці 2. Позначкою (+) показаний приріст відповідних показників.

35

Таблиця 2

Механічні властивості сталі 08кп залежно від стану поверхні (переріз 12,5×0,5 мм)

| Стан     | $\sigma_{0,2}$ , МПа | $\sigma_B$ , МПа | $\delta_4$ , % | $\psi$ , %  |
|----------|----------------------|------------------|----------------|-------------|
| Вихідний | 210                  | 270              | 26             | 46          |
| Після ІБ | 239 (+14 %)          | 294 (+9 %)       | 43 (+65 %)     | 92 (+100 %) |

40 З таблиці 2 видно, що після ІБ відбувається дуже значне збільшення пластичності (8 у 1,8 разу,  $\psi$  - у 2,6 разу). Особливо важливо підкреслити, що безпрецедентне підвищення пластичності досягається при вищій міцності, порівняно з вихідним станом ( $\sigma_{0,2}$  на 14 %,  $\sigma_B$  на 9 %). Такого поєднання властивостей пластичності і міцності не можна одержати ні одним з відомих на сьогодні способів обробки - ні об'ємних, ні поверхневих.

45 Виходячи з даних таблиці 2, ми дійшли висновку, що спосіб, який заявляється, може бути використаний для поліпшення технологічної пластичності готового листа, оскільки дотепер, як відмічалось раніше, його не існувало. Для доведення справедливості цього твердження були виконані проби за Еріксоном. Результати наведені у таблиці 3.

Таблиця 3

Глибина лунки і категорія витягування холоднокатаної сталі 08кп залежно від стану поверхні

| Стан     | Глибина лунки, мм | Категорія витягування |
|----------|-------------------|-----------------------|
| Вихідний | 9,05              | ВГ                    |
| Після ІБ | 10,9              | ВОСВ                  |

З таблиці 3 видно, що після іонного бомбардування здатність до витягування сталі 08кп відповідає категоріям видавлювання ВОСВ та ВОСВ-Т, тоді як сучасне виробництво, згідно з ГОСТ 9045-93, може забезпечити для сталі 08кп тільки категорію ВГ. При цьому значне підвищення категорії видавлювання досягається без зниження границі текучості.

Спосіб, що заявляється, також може бути використаний для підвищення пластичності тонколистових холоднокатаних низьковуглецевих якісних сталей, якщо вони з якихось причин не задовольняють вимогам ГОСТ 16523-97.

В таблиці 4 наведені дані для листа зі сталі 20 товщиною 1,2 мм, який мав характеристики пластичності менші, ніж вимагає цей ГОСТ.

Таблиця 4

Механічні властивості листа сталі 20 при випробуванні на розтяг до і після ІБ

| Стан                      | $\sigma_{0,2}$ , МПа | $\sigma_{в}$ , МПа | $\delta_5$ , % | $\delta_p$ , % | $\psi$ , %  |
|---------------------------|----------------------|--------------------|----------------|----------------|-------------|
| За вимогами ГОСТ 16523-97 | -                    | 345-490            | 23             | -              | -           |
| До ІБ                     | 220                  | 390                | 13             | 11             | 15          |
| Після ІБ                  | 250 (+14 %)          | 425 (+9 %)         | 24 (+76 %)     | 20 (+81 %)     | 39 (+160 %) |

Дані таблиці свідчать, що після ІБ пластичність підвищилася до вимог ГОСТ при одночасному збільшенні характеристик міцності. Значно зросло рівномірне подовження  $\delta_p$ . Хоча цю характеристику ГОСТ не регламентує, вона є дуже показовою для впливу на технологічну пластичність.

Технічний результат, що досягається при впровадженні даного способу, може бути ефективним не тільки при застосуванні його на підприємствах, які виготовляють вироби холодним штампуванням з тонколистових сталей, але й на металургійних підприємствах в якості додаткового методу підвищення технологічної пластичності готового холоднокатаного листа.

Використання способу дозволить покращити штампувальність холоднокатаного листа і, як наслідок:

- поліпшити якість продукції і знизити брак кінцевого продукту;
- зменшити число переходів при штампуванні;
- суттєво знизити витрати штампового інструменту;
- підвищити продуктивність праці.

До інших переваг способу, що заявляється, належать:

- простота і дешевизна;
- покращення категорії витягування без зниження показників міцності, що має велике значення при необхідності поєднання високої пластичності з достатньою міцністю, наприклад, для автолиста;
- можливість виправлення пластичності листа, яка не відповідала вимогам ГОСТ 16523-97.

Спосіб придатний до промислового застосування з використанням відомого існуючого устаткування.

Новизна ознак, що відрізняють дане рішення, полягає у наступному:

- вказаний технічний результат знаходиться у причинно-наслідковому зв'язку з головною відрізняльною ознакою: нові властивості залежать не тільки від режиму ІБ, а й від відношення площі поверхні виробу до об'єму (A), оскільки саме цей параметр визначає можливість зменшення впливу серцевини на деформаційну поведінку листової сталі;

- тільки за умови  $A > 1$ , а це має місце для листа товщиною до 2 мм включно, реалізується така взаємодія поверхні і серцевини заготовки, при якій серцевина не утруднює деформацію поверхневого шару, і, як наслідок, загальна пластичність листа підвищується;

- незважаючи на актуальність проблеми, дотепер взагалі не існує способів підвищення технологічної пластичності готового листа, що видно з патентної інформації;

5 - досягнення після ІБ безпрецедентно високого рівня технологічної пластичності готового сталевго холоднокатаного листа в поєднанні з вищою ніж до ІБ міцністю є унікальним результатом, невідомим в сучасній техніці.

Все сказане дозволяє зробити висновок про відповідність рішення, що заявляється, критеріям патентоспроможності. Просимо надати йому юридичний захист у вигляді патенту України на корисну модель.

10

## ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб підвищення деформівності холоднокатаної тонколистової сталі, призначеної для холодного штампування, що включає бомбардування низькоенергетичними іонами титану та структурне перетворення поверхневого шару сталевго виробу, який **відрізняється** тим, що  
15 дію бомбардування низькоенергетичними іонами спрямовують на поверхню холоднокатаного сталевго листа товщиною 0,4-2 мм, відношення площі поверхні до об'єму якого перевищує 1, а бомбардуванню піддають по черзі кожену сторону листа за 1 цикл протягом 1 хв.

---

Комп'ютерна верстка В. Мацело

---

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

---

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601