



УКРАЇНА

(19) UA (11) 55911 (13) U  
(51) МПК (2009)  
C21D 1/04МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ПАТЕНТУ  
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під  
відповідальність  
власника  
патенту

## (54) СПОСІБ ПІДВИЩЕННЯ КОНСТРУКТИВНОЇ МІЦНОСТІ СТАЛЕВИХ ВИРОБІВ

1

2

(21) u201008421

(22) 05.07.2010

(24) 27.12.2010

(46) 27.12.2010, Бюл. № 24, 2010 р.

(72) ПОНОМАРЕНКО ІГОР ВОЛОДИМИРОВИЧ,  
Д'ЯЧЕНКО СВІТЛАНА СТЕПАНІВНА, ПОДРИГАЛО  
МИХАЙЛО АБОВИЧ, ЛОБАНОВ ВІКТОР КОСТЯН-  
ТИНОВИЧ, ПАШКОВА ГАЛИНА ІВАНІВНА(73) ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІ-  
ЛЬНО-ДОРОЖНІЙ УНІВЕРСИТЕТ, ПОНОМАРЕН-  
КО ІГОР ВОЛОДИМИРОВИЧ, Д'ЯЧЕНКО СВІТЛА-  
НА СТЕПАНІВНА, ПОДРИГАЛО МИХАЙЛО  
АБОВИЧ

(57) Спосіб підвищення конструктивної міцності сталевих виробів, який включає створення поверхневого нанокристалічного шару методом енергетичної дії на поверхню виробу, який **відрізняється** тим, що енергетичну дію здійснюють бомбардуванням виробу низькоенергетичними іонами у середовищі інертного газу при тиску  $1,2-1,6 \cdot 10^{-1}$  Па, потенціалі 1050-1100 В та силі струму 90-105 А, при цьому процес ведуть за циклічною схемою з паузами для охолодження та без фокусування потоку, а кількість циклів не перевищує 2-3 за тривалістю бомбардування 1-1,5 хв. кожний та паузи між 1-15 хв.

Корисна модель відноситься до матеріалознавства (металургії), зокрема до комбінованих способів зміцнення сталевих виробів, і може бути використана у машинобудуванні та інших галузях промисловості для підвищення надійності і довговічності деталей машин.

В сучасному матеріалознавстві найефективнішим способом підвищення конструктивної міцності виробів є створення структур з ультрадрібним зерном, серед яких особливу роль відіграють нанокристалічні матеріали. Однак не запропоновано промислово застосованої технології для утворення такої структури в реальному виробі в силу складності завдання. До рішення цієї проблеми вчені йшли різними напрямками.

Відомий спосіб одержання дрібнозернистої структури виробів методом гідроекструзії [1,2], рівноканального кутового пресування [3] або іншими методами об'ємного всебічного деформування. Але цим методам притаманні такі недоліки:

- у масивних виробах навіть при дуже високих тисках не забезпечено подрібнення зерна до розмірів менше 150-200 нм;

- реалізація способів потребує складного і дорогого обладнання;

- ці способи для одержання необхідних властивостей передбачають наступну термічну обробку, при якій відбуваються фазові і структурні перетворення, і утворена попередньою деформацією структура, а отже і властивості, змінюються. Для їх

збереження необхідно використовувати спеціальні заходи [4], що суттєво ускладнює процес обробки.

Конструктивну міцність можна також підвищити створенням нанокристалічної структури не по всьому перерізу виробу, а тільки у його поверхневому шарі, що досягається різними методами інтенсивного поверхневого деформування [5].

Наприклад, відомий спосіб створення поверхневої нанокристалічної структури ультразвуковою ударною обробкою. Ультразвукову обробку здійснюють окремими ударами спеціальним індентором, який притискається до виробу зусиллям 150 Н. Виріб обертається навколо своєї осі, а індентор пересувається по поверхні виробу [6]. Залежно від частоти обертання виробу та кроку переміщення індентора на поверхні створюється зміцнений поверхневий шар з різним перекриттям. Ступінь зміцнення, головним чином, залежить від інтенсивності ультразвукової обробки та перекриття зміцнених зон. Після ультразвукової обробки використовують стабілізуючу термічну обробку [5].

Цей спосіб є найбільш близьким до такого, що заявляється, як за призначенням - створення поверхневої нанокристалічної структури, так і за методом її створення - застосування цілеспрямованої енергетичної дії на поверхню зразку (виробу).

Спосіб має недоліки, які є наслідком саме того, що для здійснення енергетичної дії застосовано ультразвукову обробку за допомогою окремих ударів спеціальним індентором, а саме:

(19) UA (11) 55911 (13) U

- велика тривалість процесу у зв'язку зі зміцненням не всього виробу одночасно, а послідовним нанесенням індентором окремих ударів;
- утрудненість забезпечення однорідної деформації поверхні, а отже, однакового її зміцнення і створення рівномірного поверхневого наносталічного шару, особливо при складній формі виробу;
- необхідність створення спеціальних пристроїв для обробки поверхні виробу в залежності від його форми і розмірів;

- утворення на поверхні специфічного рельєфу у вигляді гофрів або спіралей [6], що негативно впливає на конструктивну міцність;

- необхідність стабілізуючої термічної обробки.

В основу корисної моделі поставлено задачу удосконалення способу підвищення конструктивної міцності сталевих виробів шляхом створення поверхневого нанокристалічного шару по всій поверхні з забезпеченням одночасної обробки всього виробу та гарантією стабільних, механічних властивостей без додаткової термічної обробки.

Поставлене завдання вирішується за рахунок того, що у відомому способі підвищення конструктивної міцності сталевих виробів, який включає створення поверхневого нанокристалічного шару методом енергетичної дії на поверхню виробу, у відповідності до винахідницького задуму енергетичну дію здійснюють бомбардуванням низькоенергетичними іонами ( $\sim 1\text{кеВ}$ ) у середовищі інертного газу при тиску у камері  $(1,2-1,6) \cdot 10^{-1}$  Па, потенціалі 1050-1100 В, силі струму 90-105 А, причому процес ведуть за циклічною схемою з паузами для охолодження та без фокусування потоку, а кількість циклів не перевищує 2-3 з тривалістю бомбардування 1-1,5 хв. кожний та паузами теж 1-1,5 хв.

Для реалізації способу, що заявляється, використовують відомий пристрій типу «Булат» (наприклад, ННВ-66-ІІ1). Виріб розміщують у вакуумній камері на відстані 270-300 мм від катода, зробленого з титану. При зменшенні відстані інтенсивність нагріву виробу підвищується, що може привести до його знеміцнення. Збільшення відстані знижує енергію іонів титану, внаслідок чого утруднюється утворення наноструктурного поверхневого шару. Бомбардування здійснюється в атмосфері аргону при тиску  $1,2-1,6 \cdot 10^{-1}$  Па, який забезпечує утворення теплого потоку, що не перегріває виріб. Робоча напруга вибирається за умов, щоб вона була вища за критичну і в той же час не надто високою, щоб не перегріти метал зразка. Для титану при тиску  $\sim 10^{-3}$  Па критична напруга близька до 1000 В, тому при 1050-1100 В. Сила струму при іонній бомбардировці знаходиться у межах 90-105 А. При силі струму менше 80А порушується стабільність горіння дуги, використання більш високої сили струму суттєво підвищує температуру виробу.

Для досягнення рівномірного і не дуже інтенсивного нагріву виробу, а також одержання на його поверхні нанокристалічного шару однакової товщини, бомбардування проводять без фокусування плазмового потоку, при цьому виріб обертається навколо своєї осі. Бомбардування виконують за циклічною схемою: 2-3 цикли по 1-1,5 хв. з паузами між ними для охолодження теж 1-1,5 хв. При

такому процесі відбувається одночасна обробка всієї поверхні виробу незалежно від його величини та форми. Після цього виріб не потребує будь-якої термічної обробки.

Сталь 18ХГТ після гартування з високим відпуском має такі властивості: тимчасовий опір  $\sigma_B = 854$  МПа, границя текучості  $\sigma_{0,2} = 717$  МПа, відносне подовження  $\delta = 18\%$ , відносне звуження  $\psi = 64\%$ . Після іонного бомбардування за указаними параметрами були отримані такі механічні властивості:  $\sigma_B = 1003$  МПа,  $\sigma_{0,2} = 962$  МПа,  $\delta = 15\%$ ,  $\psi = 67\%$ . Отже, іонне бомбардування підвищило тимчасовий опір на 17%, границю текучості на 34%, тоді як відносне подовження знизилось на 3%, а відносне звуження навіть підвищилось. Таким чином, спосіб обробки, що заявляється, дуже суттєво збільшує конструктивну міцність виробів. Для порівняння після гідроекструзії цієї ж сталі  $\sigma_B$  підвищується на 10%,  $\sigma_{0,2}$  на 15% при тих же показниках пластичності. При такому процесі відбувається одночасна обробка всієї поверхні виробу незалежно від його величини та форми. Після цього виріб не потребує будь-якої термічної обробки.

Описаний спосіб відповідає сформульованим авторами вимогам: необхідно створити умови, які виключають перегрів виробу, чим унеможливується знеміцнення металу. З іншого боку параметри обробки мають забезпечити достатньо інтенсивний вплив на поверхню виробу, що необхідно для формування наноструктури у повневрому шарі. Для забезпечення цих вимог визначальними параметрами при іонному бомбардуванні є потенціал на поверхні виробу (робоча напруга), який визначає енергію іонів, що бомбардують поверхню, сила струму, яка обумовлює стабільність горіння дуги та інтенсивність розпилення катода, тобто кількість іонів металу у плазмі, а також відстань виробу від катода.

Прямі експерименти по вимірюванню нанотвердості показали, наприкладі "Nano Indenter 11" фірми "MTS systems" (США) показали, що при іонному бомбардуванні на поверхні виробу утворюється тонкий ( $\sim 20$  нм) шар нанокристалічної структури. Саме завдяки його формуванню відбувається збільшення конструктивної міцності.

Таке унікальне збільшення конструктивної міцності пояснюється, по-перше, залікуванням поверхневих дефектів під час ІБ, а по-друге, особливою поведінкою нанокристалічного шару при деформуванні. Завдяки дуже великому об'єму поверхонь границь у нанокристалічних матеріалах при розтягуванні змінюється механізм деформації, поверхневий шар стає над пластичним, в ньому відбувається зерно границне проковзування структурних елементів, яке унеможливує утворення концентраторів напружень, чим і пояснюється відсутність окрихчення металу, незважаючи на таке велике зміцнення.

До переваг способу, заявляється, належить:

- одночасний та рівномірний енергетичний вплив на усю поверхню виробу, що гарантує утво-

рення стабільного, рівномірного по всій поверхні нанокристалічного шару

- забезпечення стабільних механічних властивостей без використання додаткової механічної обробки виробу;

- прискорення та спрощення процесу обробки .

Як видно з вище сказаного відрізняльні ознаки способу, що заявляється, знаходяться в причинно-наслідковому зв'язку з одержаним технічним результатом. Під час вивчення патентної та технічної літератури автори не зустріли рішення з таким сполучення ознак. Можливість промислового застосування способу доказано вище.

Просимо надати рішенню, що заявляється юридичну охорону у вигляді патенту України на корисну модель.

Джерела посилань

1. Дьяченко С.С., Александров Н.Г., Золотко В.А. и др. Гидропрессование как малоотходный способ изготовления изделий с улучшенными свойствами. Харьков, изд-во «Основа» при ХГУ. - 1991.105 с);

2. Ас СССР № 1096290 «Способ обработки упругих элементов» Авторы Дьяченко С.С., Александров Н.Г.), рівноканального кутового пресування

3. Андриевский Р.А, Глезер А.М. Прочность наноструктур.// Успехи физических наук, т. 179, № 4, с. 337-358

4. Ас СССР №1507818 А1 Способ обработки стальных изделий. Авторы: Дьяченко С.С, Горелкова Л.Е., и др.

5. Панин В.Е., Сергеев В.П., Панин А.В. и др.. Наноструктурирование покрытий - эффективный способ упрочнения современных конструкций и инструментальных материалов. // Физика металлов и металловедение, 2007. -т. 104.-№6-с.650-660).

6. Колобов Ю.Р., Кашин О.А., Дударев Е.Ф. и др. Влияние ультразвукового деформирования поверхности на структуру и механические свойства поликристаллического и нанокристаллического титана.// Известия ВУЗов, Физика. 2000.-№9.-с.45-50.