



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **102898** (13) **U**
(51) МПК (2015.01)
B08B 9/027 (2006.01)
C23G 5/00

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2015 04892	(72) Винахідник(и): Тутик Валерій Анатолійович (UA), Рожков Олександр Дмитрович (UA), Литвиненко Елена Ігнатівна (UA), Гришин Володимир Сергійович (UA)
(22) Дата подання заявки: 19.05.2015	
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 25.11.2015	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 25.11.2015, Бюл.№ 22	(73) Власник(и): НАЦІОНАЛЬНА МЕТАЛУРГІЙНА АКАДЕМІЯ УКРАЇНИ, пр. Гагаріна, 4, м. Дніпропетровськ-5, 49600 (UA)

(54) СПОСІБ ЕЛЕКТРОННО-ПРОМЕНЕВОЇ ОЧИСТКИ ВНУТРІШНЬОЇ ПОВЕРХНІ ТРУБ

(57) Реферат:

Спосіб очистки внутрішньої поверхні труб включає обробку циліндричної поверхні труб, що передбачає видалення забруднень та модифікацію поверхні труб газорозрядною електронною гарматою, у вакуумі, при подачі робочого інертного газу. Як висококонцентроване джерело енергії використовують однопроменевий електронний пучок, що обертається по циліндричній поверхні труби по траєкторії кола за допомогою магнітної системи відхилення пучка, в імпульсному режимі.

UA 102898 U

Корисна модель належить до способів термічної обробки, зокрема до обробки виробів висококонцентрованими джерелами енергії у вакуумі, та може бути використана для очистки внутрішньої поверхні труб від забруднень та мастила та підготовки поверхні перед нанесенням покриттів.

Відомий спосіб, який реалізується на пристрої плазмової очистки циліндричних поверхонь за місцем (Патент США 7320331 В1 С23С 14/34, опубл. 22.01.2008 р.), при якому у процесі очистки використовується плазма, що генерується по місцю за допомогою пристрою плазмової очистки циліндричних поверхонь мішені та підшару одночасно або роздільно.

Недоліками цього пристрою є використання магнітного поля, кошового магнетронного обладнання, складність пристрою для очищення, складність регулювання параметрів процесу очистки для досягнення оптимального ступеня очищення, низький КПД, неможливість отримання високої концентрації енергії з-за переходу в електродуговий розряд.

Найбільш близьким аналогом по результату, що досягається, і технічній суті до заявленого технічного рішення є спосіб електронно-променевого очищення внутрішньої та/або зовнішньої поверхні труб (Патент України на корисну модель UA 84917 МПК7 С23G 5/00, опубл. 11.11.2013 р.). Він полягає в спрямованому впливі високоенергетичного потоку електронів газорозрядної електронної гармати, переміщенні електронно-променевого вузла вздовж труби. Очистку здійснюють шляхом дії електронного струменя у формі конуса; скануванням електронного струменя по поверхні труби, в результаті чого оброблюється вся внутрішня поверхня труби. Спосіб реалізується за допомогою пристрою, що складається з вузла очистки, в який входить газорозрядна електронна гармата на основі високовольтного тліючого розряду, що може працювати в умовах низького вакууму 10-13,3 Па нейтрального газу та інjektувати електронний конусний та кільцевидний суцільний або багатопроменевий промінь, та блока електропостачання гармати. Спосіб дозволяє знімати шар забруднень з поверхні або модифікувати поверхню труби.

Проте цей спосіб має недоліки. З конусним профілем струменя питома потужність є низькою, тепло з оброблюваної ділянки труби розповсюджується на інший матеріал труби, та як наслідок, необроблена поверхня піддається термічному впливу, енергія використовується неекономно, вартість обробки зростає, та, як наслідок, очистка може здійснюватись неякісно та не повністю.

Задачею корисної моделі, що пропонується, є підвищення питомої потужності при очистці у 10 та більше разів, зростання швидкості обробки, економія енергії, підвищення якості очистки робочої поверхні труби.

Суть пропонованої корисної моделі способу очистки внутрішньої поверхні труб полягає в спрямованому впливі високоенергетичного потоку електронів газорозрядної електронної гармати, переміщенні електронно-променевого вузлу вздовж труби, регулюванні потужності випромінювання для оптимального очищення та/або оплавлення поверхні труби. Очистку здійснюють шляхом дії однопроменевого електронного струменя, що обертається по циліндричній поверхні труби по траєкторії кола за допомогою магнітної системи відхилення пучка, в імпульсному режимі; скануванням електронного струменя по поверхні труби, у ході поступального руху всередині труби вузлу очистки електронної гармати, в результаті чого оброблюється вся внутрішня поверхня труби.

Взаємозв'язок енергетичних, геометричних та часових параметрів електронного променя з технологічними характеристиками процесу обробки розкритий в роботі [Рыкалин Н.Н., Зуев И.В., Углов А.А. Основы электронно-лучевой обработки материалов. - М.: Машиностроение, 1978. - 239 с]. При обробці конструкційних матеріалів, у тому числі сталі, загальна кількість матеріалу M , що видаляється за один імпульс, залежить від енергії в імпульсі E , тривалості імпульсу t , та теплофізичних властивостей матеріалу. Залежність кількості матеріалу M , що видаляється, від енергії в імпульсі має ступінний характер: $M=K \cdot E^n$, де K і n коефіцієнти, які залежать від оброблюваного матеріалу. Вплив інших параметрів, таких як електричний струмінь променя, прискорююче напруження та тривалість імпульсу, характеризується більш складною залежністю.

При вказаних умовах збільшення енергії імпульсу E від 10^{-4} до 10^{-1} Дж призводить до збільшення кількості матеріалу, що видаляється, від 10^{-7} до 10^{-4} г.

Матеріал з зони обробки видаляється вибуховидно, у вигляді атомів пари, іонів та рідких крапель. Частота слідування вибухів залежить від енергії імпульсу та лежить в діапазоні десятих долів мегагерцу.

Швидкість обробки v збільшується як показова функція від струменя променя та носить екстремальний характер залежно від тривалості імпульсу [1]. Так, для енергії $E=5 \cdot 10^{-3}$ Дж при

зменшенні тривалості імпульсу від 45 до 4,5 мкс швидкість обробки збільшується в 2,8 разів, для енергії 10^{-2} Дж - в 6,3 рази.

Чим менше тривалість імпульсу, тим менше тепла втрачається на сусідній матеріал та розсіювання поза зоною опромінювання. Якщо імпульс достатньо короткий, а густина енергії достатньо висока, то невеликий об'єм металу може бути розплавлений та випарений до того, як тепло з зони опромінення встигне розповсюдитися на сусідній матеріал.

Частота слідування імпульсів впливає на температуру обробки матеріалу, яка змінюється після закінчення дії кожного моменту імпульсу. Якщо частота слідування більше мінімально допустимого значення $f_{kp}=a/30R^2$, де a - коефіцієнт температуропровідності ($a=3,45 \cdot 10^{-2}$ см²/с - для сталі), R - радіус електронного променя, то результат обробки буде залежати тільки від енергії потужності

Тому при обробці однопроменевим імпульсним електронним струменем, що обертається, поверхневий шар металу та забруднень випаровується і досягається вирівнювання неоднорідностей поверхні. Може відбуватися також оплавлення та обезжирювання поверхневого шару виробу.

Суть пропонованої корисної моделі способу електронно-променевого очищення внутрішньої поверхні труб за допомогою газорозрядної електронної гармати показана на кресленні. Спосіб реалізується за допомогою пристрою, що складається з наступних позицій, де 1 - оброблювана труба; 2 - фіксує труба; 3 - напрямна труба; 4 - електронний пучок; 5 - система відхилення; 6 - система фокусування; 7 - газорозрядна електронна гармата; 8, 9 - напрямні; 10 - система живлення та охолодження.

Спосіб дозволяє модифікувати або знімати шар з поверхні, очистка ведеться у вакуумі з ККД більше 95 %. Низьковакуумна газорозрядна електронна гармата (НГЕП) на основі високовольтного тліючого розряду може працювати умовах низького вакууму 10-13,3 Па нейтрального газу і створювати електронні пучки (ЕП) різного профілю.

Проектування НГЕП виконано таким чином, щоб електронна гармата задовольняла наступним параметрам:

Прискорююча напруга - $U < 10$ кВ;

Потужність - $N < 10$ кВт;

Діапазон робочого тиску - $P < 13,3$ Па;

Частота слідування імпульсів - $f = 100$ Гц.

Робочий газ - аргон, гелій.

Спосіб діє наступним чином. На оброблювану трубу 1 встановлюються фіксує труба 2 та напрямна труба 3 з пристроєм для електронно-променевої обробки, внутрішня поверхня труб герметизується і створюється робочий вакуум усередині труби 1. Подається висока напруга на катод та інjektується одноструменевий електронний пучок (ЕП) 4. Система живлення та охолодження 10 забезпечують імпульсний режим роботи електронної гармати 7. Системи керування НГЕП 5 і 6 забезпечують фокусування та сканування ЕП по внутрішній поверхні оброблюваної труби 1. Направні 8 та 9 центрують та здійснюють рух електронної гармати у середині труби 1. При досягненні поверхні труби електронний пучок взаємодіє з поверхнею оброблюваної труби 1 й завдяки високій поверхневій щільності енергії ЕП обробляє її. Охолодження пристрою у процесі обробки досягається за допомогою системи 10.

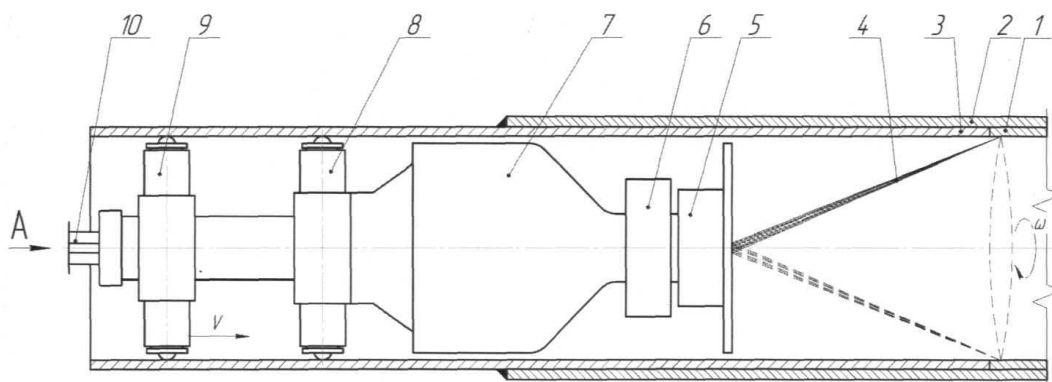
Проведено експеримент з очистки двох зразків труб - зі сталі Х18Н10Т, на поверхні яких були наявні іржа, окалина та залишки мастила. Очистку внутрішньої поверхні проводили при прискорюючій напрузі 6 кВ та густині потужності $\sim 10^7$ Вт/см². При обробці поверхні труб електронним струменем газорозрядної електронної гармати поверхня труби оплавилась, забруднення випарились. На поверхні труби зі сталі Х18Н10Т спостерігався модифікований шар товщиною 0,001-0,004 мм.

Результати макроскопічного, мікроскопічного та хімічного аналізу внутрішньої та зовнішньої поверхні показали відсутність мастила, забруднень, задирок та пошкоджень. Таким чином, електронно-променева очистка поверхні труб за даним способом дозволяє ефективно видаляти забруднення та отримати чисту поверхню металу труб перед нанесенням покриттів.

Застосування способу, що пропонується, дозволяє підвищити питому потужність процесу у 10 та більше разів, збільшити швидкість обробки, та досягнути економії енерговитрат, при низькій вартості обладнання і екологічній чистоті процесу. Перевагами способу очистки, що пропонується, є більш висока поверхнева питома потужність, вищий коефіцієнт корисної дії процесу (до 95 %), високі швидкості видалення забруднень в зоні дії електронного променя, у порівнянні з засобом, коли очистка внутрішньої поверхні труби здійснюється конусним або кільцевим струменем без застосування імпульсного режиму.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

- 5 Спосіб очистки внутрішньої поверхні труб, який включає обробку циліндричної поверхні труб, що передбачає видалення забруднень та модифікацію поверхні труб газорозрядною електронною гарматою, у вакуумі, при подачі робочого інертного газу, який **відрізняється** тим, що як висококонцентроване джерело енергії використовують однопроменевий електронний пучок, що обертається по циліндричній поверхні труби по траєкторії кола за допомогою магнітної системи відхилення пучка, в імпульсному режимі.



Комп'ютерна верстка А. Крулевський

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

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