



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **108914** (13) **U**
(51) МПК (2016.01)
C21D 1/06 (2006.01)
B22D 19/00

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2015 12231	(72) Винахідник(и): Лещинський Леонід Кимович (UA), Мазур Владислав Олександрович (UA)
(22) Дата подання заявки: 10.12.2015	
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 10.08.2016	(73) Власник(и): ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД "ПРИАЗОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ", вул. Університетська, 7, м. Маріуполь, 87500 (UA)
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 10.08.2016, Бюл.№ 15	

(54) СПОСІБ ЗМІЦНЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ЦИЛІНДРИЧНОЇ ФОРМИ

(57) Реферат:

Спосіб зміцнення деталей циліндричної форми включає напавлення по гвинтовій лінії з формуванням окремих валиків, розташованих під кутом до діаметральної площини, з перекриттям один одного, і подальший плазмовий поверхневий нагрів з утворенням окремих доріжок. При плазмовому нагріванні кут нахилу доріжок до діаметральної площини вибирають відповідно до виразів:

$$\varphi_{\max} - (14-16)^{\circ} \leq \alpha_{\min} \leq \varphi_{\max} - (8-10)^{\circ};$$

$$\varphi_{\min} + (28-30)^{\circ} \leq \alpha_{\max} \leq \varphi_{\min} + (53-55)^{\circ},$$

де α_{\min} і α_{\max} - мінімальне і максимальне значення кута нахилу доріжок до діаметральної площини; φ_{\min} і φ_{\max} - мінімальне і максимальне значення кута нахилу напавлених валиків до діаметральної площини;

UA 108914 U

Корисна модель належить до металургійної, машинобудівної та гірничорудної промисловості в частині методів підвищення довговічності і працездатності деталей і змінного технологічного інструменту, що мають циліндричну форму - ролики зони вторинного охолодження машин безперервного лиття заготовок, валки прокатних станів, шляхом зміцнення

наплавленням і нагріванням висококонцентрованим джерелом тепла.

Відомий спосіб зміцнення шляхом наплавлення прокатних валків стрічковим електродом, який включає формування наплавленого шару з валиків, орієнтованих під кутом до діаметральної площини, при цьому поворот стрічкового електрода щодо направлення наплавлення залежить від кута орієнтації валиків (А.С. СССР № 1823314, В23К 9/04).

Недоліком відомого є труднощі забезпечення необхідної якості шару, наплавленого стрічковим електродом, особливо в зонах перекриття суміжних валиків, пов'язане зі зміною кута нахилу валиків до діаметральної площини, що призводить до зниження працездатності валка.

Відомий спосіб поверхневого зміцнення інструмента, що має форму тіла обертання, що включає поверхневий нагрів висококонцентрованим джерелом тепла з формуванням зміцненого шару з окремих доріжок, що мають у перерізі форму сегмента кола (Патент України № 41413, С21Д 1/06).

Недоліком відомого способу є невизначеність куту нахилу доріжок до діаметральної площини тіла обертання, що робить можливим розташування кордонів доріжок в діаметральної площини, де зростає ймовірність утворення кільцевих тріщин.

Відомий спосіб зміцнення шляхом багат шарового наплавлення прокатних валків, при якому з метою зниження залишкових напружень останній шар наплавляють матеріалом, що забезпечує отримання на поверхні валку металу, твердість якого нижче за твердість передостаннього шару (А.С. СССР № 1154015, В23К 9/04).

Недоліком відомого є необхідність використання декількох наплавочних матеріалів, а також залежність ефективності способу, насамперед ступеня зниження залишкових зварювальних напружень, від розбавлення металу останнього шару передостаннім.

Відомий спосіб лазерного зміцнення ріжучого інструменту, який включає проведення лазерного відпуску при температурі трохи більшої, ніж температура попереднього об'ємного відпуску (див. статтю: Оптимальные параметры лазерной обработки режущего инструмента из быстрорежущей стали // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. - Выпуск № 33/2006).

Недоліком відомого способу є недостатньо висока температура лазерного відпуску, у зв'язку з чим твердість зміцненого шару зменшується незначно, не дозволяючи знизити рівень залишкових напружень.

Найбільш близьким за своєю технічною суттю і результатами, що досягаються є спосіб наплавлення і подальшого поверхневого зміцнення деталей циліндричної форми шляхом нагрівання висококонцентрованим джерелом, яким є плазмовий струмінь. Процес наплавлення здійснюється по гвинтовій лінії з формуванням окремих валиків, розташованих під кутом до діаметральної площини, з перекриттям один одного. Плазмовий поверхневий нагрів наплавленого шару з метою зміцнення в режимі гартування здійснюється шляхом переміщення плазмотрону по гвинтовій лінії з утворенням окремих доріжок. Розміри валиків, що наплавляються і зміцнених доріжок залежать від параметру режиму наплавлення і нагріву плазмовим струменем, швидкості обертання деталі, а також швидкості переміщення наплавочного апарату і плазмотрону (див. книгу: Плазменное поверхностное упрочнение. - К.: Техніка, 1990. - С. 99) - прототип.

Недолік прототипу - відсутність залежності між кутом нахилу до діаметральної площини наплавлених валиків і кутом нахилу зміцнених доріжок, у зв'язку з чим зони перекриття суміжних валиків можуть збігатися з кордонами зміцнених доріжок. При такому збігу не тільки не усуваються провали твердості в зонах перекриття валиків, але також зростає можливість утворення в цих зонах несприятливої структури, схильної до розтріскування. Крім цього, при утворенні загартованого шару високої твердості на поверхні циліндричного виробу, наплавленого по замкнутому контуру, зростають залишкові зварювальні напруження, що сприяє поширенню тріщин.

В основу корисної моделі поставлена задача удосконалити спосіб зміцнення деталей циліндричної форми, який дозволить підвищити термін їх експлуатації шляхом зменшення ймовірності зародження кільцевих термовтомних тріщин, зниження рівня залишкових напружень, підвищення опору руйнуванню деталей.

Для вирішення поставленої задачі в способі зміцнення деталей циліндричної форми, що включає наплавлення по гвинтовій лінії з формуванням окремих валиків, розташованих під кутом до діаметральної площини, з перекриттям один одного, і подальший плазмовий

поверхневий нагрів з утворенням окремих доріжок, відповідно до корисної моделі, при плазмовому нагріванні кут нахилу доріжок до діаметральної площини вибирають відповідно до виразів:

$$\varphi_{\max} - (14-16)^{\circ} \leq \alpha_{\min} \leq \varphi_{\max} - (8-10)^{\circ};$$

$$\varphi_{\min} + (28-30)^{\circ} \leq \alpha_{\max} \leq \varphi_{\min} + (53-55)^{\circ},$$

де α_{\min} і α_{\max} - мінімальне і максимальне значення кута нахилу доріжок до діаметральної площини; φ_{\min} и φ_{\max} - мінімальне і максимальне значення кута нахилу наплавлених валиків до діаметральної площини. При цьому додатково проводять відпуск наплавлених валиків шляхом плазмового поверхневого нагрівання до температури 680-720 °С на глибину, яку визначають із співвідношення: $(0,20-0,25) h_{\text{нап}} \leq h_{\text{відп}} \leq (0,35-0,45) h_{\text{нап}}$, где $h_{\text{нап}}$ - висота наплавлених валиків, $h_{\text{відп}}$ - глибина зони плазмового відпуску;

Суть процесу пояснюється за допомогою фіг. 1-3, на яких: 1 - наплавлюваний виріб, 2 - наплавлений валик, 3 - доріжка плазмового відпуску.

Опір термовтомному руйнуванню наплавлених деталей циліндричної форми багато в чому залежить від здатності запобігти розвитку тріщини в напрямку діаметральної площини, яка перпендикулярна осьовому напрямку дії максимальних напружень розтягу. Для цього необхідно усунути можливість розташування в діаметральної площини зон перекриття валиків, де під впливом повторної дії зварювального джерела тепла змінюється структура металу і переважно зароджуються термовтомні тріщини. З цією метою в процесі наплавлення валики прагнуть розташовувати під кутом до діаметральної площини. При цьому межі зміни кута нахилу обмежені умовами формування валика на поверхні тіла обертання, щоб запобігти розтіканню розплавленого металу, не допустити утворення таких дефектів, як напливи або підрізи. Експериментальні дані досліджень, проведених раніше, показують, що граничні значення кута φ нахилу наплавлених валиків до діаметральної площини доцільно змінювати в межах від $\varphi_{\min} \geq 13-15^{\circ}$ до $\varphi_{\max} \leq 40-42^{\circ}$. Таке розташування валиків, що наплавляються дозволяє не тільки змінити орієнтацію зон перекриття валиків і знизити схильність до зародження тріщин, але також гальмувати тріщини за рахунок взаємного перетину (див. таблицю). Плазмовий поверхневий нагрів в режимі гартування дозволяє підвищити твердість наплавлених валиків, особливо в зонах перекриття. Але разом з підвищеною твердістю загартованого шару замкнутого контуру зростають залишкові напруги. Незважаючи на підвищений опір швидкозагартованої дрібнозернистої структури зони плазмової гартування зародженню магістральної тріщини, опір поширенню тріщини є недостатнім. Тому розташуванні доріжок плазмового нагріву під кутом до діаметральної площини сприяє уповільненню і гальмуванню втомної тріщини за рахунок відхилення від магістрального напрямку і втрати запасеною енергії при розгалуження. Але орієнтація доріжок щодо діаметральної площини повинна бути такою, щоб не допустити збігу меж доріжок із зонами перекриття суміжних валиків. Залежно від кута нахилу наплавлених валиків до діаметральної площини доцільно вибирати кут нахилу доріжок відповідно до виразів:

$$\varphi_{\max} - (14-16)^{\circ} \leq \alpha_{\min} \leq \varphi_{\max} - (8-10)^{\circ};$$

$$\varphi_{\min} + (28-30)^{\circ} \leq \alpha_{\max} \leq \varphi_{\min} + (53-55)^{\circ},$$

де α_{\min} і α_{\max} - мінімальне і максимальне значення кута нахилу доріжок до діаметральної площини; φ_{\min} и φ_{\max} - мінімальне і максимальне значення кута нахилу наплавлених валиків до діаметральної площини.

Стійкість деталей циліндричної форми проти термовтомного руйнування залежить від можливості знизити залишкові напруги шляхом відпуску після наплавлення. Вибір температури відпуску залежить від складу основного і наплавленого металу, розмірів деталі, її міцності і жорсткості. Підвищення температури відпуску із загальним нагріванням призводить до зниження міцності металу і деформації деталі. Дія циліндричних деталей опір повздовжньому вигину при нагріванні залежить від ставлення діаметра (площі перерізу) до довжини. Це відношення для роликів зони вторинного охолодження машин безперервного лиття заготовок становить 1/7-1/12, крім того переріз ролика ослаблено каналом охолодження, що розташовано всередині. Тому температура об'ємного відпуску наплавлених роликів в промислових умовах не вище 480-500 °С. Однак при цій температурі відпуску, тим більше у випадку її підвищення на 50-70 °С, розвивається процес дисперсійного твердіння нашпиленого металу типу Х12, який супроводжується випаданням карбідів на межі зерен, окрихчуванням, зниженням ударної в'язкості. Підвищення температури відпуску до 680-720 °С сприяє не тільки більш повному зняттю залишкових напруг, але також зниженню твердості і поліпшенню характеристик пластичності і ударної в'язкості. Зменшується кількість і довжина тріщин при термоциклюванні наплавленого металу типу 12Х12 - 20Х1. Разом з тим, для проведення високотемпературного відпуску потрібне спеціалізоване устаткування і оснащення, а також вжиття заходів щодо

запобігання окисленню і утворенню окалини на посадочних місцях підшипників. Доцільно проведення відпуску при температурі 680-720 °С шляхом високошвидкісного нагрівання наплавленої поверхні плазмовим струменем, що супроводжується швидким охолодженням за рахунок тепловідводу в глибокі деталі. Проведені експерименти з вивчення плазмового нагріву в режимі відпуску дозволили встановити, що глибина зони відпуску з дрібнозернистою структурою підвищеної пластичності і тріщиностійкості становить до 1,7-2,0 мм. При поширенні поверхневої тріщини в глибокі ролика її гальмування буде відбуватися як в пластичній поверхневій зоні плазмового відпуску, так і на межі цієї зони з більш міцною і твердою структурою металу наплавленого валика висотою 4,0-5,0 мм. Виходячи з цього, глибину зони плазмового відпуску доцільно вибирати як частину висоти наплавленого валика, відповідно до співвідношення: $(0,20-0,25) h_{\text{нап}} < h_{\text{відп}} < (0,35-0,45) h_{\text{нап}}$, де $h_{\text{нап}}$ - висота наплавленого валика; $h_{\text{відп}}$ - глибина зони плазмового відпуску. Для сталі типу 20 × 12, яка застосовується для наплавлення роликів, плазмовий відпуск при температурі 700 °С призводить до зниження твердості з 380-420 HV до 280-310 HV (що складає 70-75 % від початкової). При цьому значно знижується рівень залишкових напружень, а питома робота руйнування наплавленого металу з ростом температури відпуску від 400 до 700 °С зростає більш, ніж у 2,5 рази. При такому зменшенні твердості знижується опір зносу тертям металу по металу, однак, для деталей, що працюють в умовах корозії і термовтомного впливу, таке зниження цілком допустимо. Результати замірів діаметра роликів, наплавлених корозійностійким складом 20X12, після експлуатації протягом міжремонтної кампанії показали, що зменшення діаметра не перевищує 0,6-0,8 мм і не є причиною заміни роликів. При твердості металу в зоні плазмового відпуску, складової 70-75 % твердості наплавлених валиків, зносостійкість зони відпуску відповідає умовам експлуатації роликів.

Таблиця*

Кут нахилу до діаметральної площини, град		Довжина поверхневої тріщини, мм
Наплавлених валиків, φ	Доріжок плазмового нагріву, α	
40	15	16
35	20	12
15	75	Складно в реалізації
Прототип		
20	20	25

* Примітка: для роликів зони вторинного охолодження діаметром 300 мм довжина поверхневої тріщини $L_{\text{кр}} \geq 25$ мм (після 500 плавок об'ємом 350 т)

Приклад конкретного виконання способу зміцнення деталі циліндричної форми

Зміцнення ролика криволінійної ділянки машини безперервного лиття заготовок слябового типу відбувається шляхом наплавлення і подальшого плазмового поверхневого нагріву. Наплавлення ролика (діаметр 380 мм, довжина бочки 2000 мм, маса 1,65 т, матеріал - сталь 25X1M1Ф) після попереднього підігріву до 270 °С проводиться стрічковим електродом Св-2Х13 розмірами 25×0,7 мм під флюсом АН-26. Режим наплавлення: струм 530 А, напруга 32 В, швидкість наплавлення 12 м/годину, кут нахилу валиків до діаметральної площини $\phi = 35^\circ$, висота валика 4,5 мм, ширина 20 мм, перекриття суміжних валиків 4 мм, твердість 390 HV. Після наплавлення здійснюється плазмовий поверхневий нагрів плазмотроном непрямої дії з секціонованою міжелектродною вставкою. Щоб усунути можливість збігу зон перекриття валиків з межами доріжок, кут нахилу доріжок до діаметральної площини визначається, виходячи з величини кута нахилу наплавлених валиків і становить $\alpha = \phi - 15^\circ = 20^\circ$. З метою зниження залишкових напружень після наплавлення ролика шляхом поверхневого нагріву плазмовим струменем проводиться відпуск при температурі 700 °С. Згідно з попередніми розрахунками і експериментами, проведеними з метою вибору параметрів плазмового нагріву в режимі відпуску при 700 °С, визначено параметри плазмового струменя: струм 250 А, напруга 60 В, швидкість сканування 2,0 м/годину, витрата аргону 10-12 л/хв. Такі параметри плазмового нагріву забезпечують ширину однієї доріжки 10 мм при відсутності зазору між суміжними доріжками. Глибина зони плазмового відпуску становить 1,5 мм, твердість металу в зоні відпуску 280 HV.

При реалізації пропонованого способу зміцнення не виявлено дефектів на поверхні ролика, пов'язаних зі збігом меж доріжок плазмового нагріву із зонами перекриття наплавлених валиків,

знизився рівень залишкових напружень, зменшилася схильність до розтріскування. Зовнішній огляд роликів під час планових зупинок розливної машини не виявив утворення глибоких кільцевих тріщин, здатних знизити їх ресурс.

5

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

1. Спосіб зміцнення деталей циліндричної форми, що включає наплавлення по гвинтовій лінії з формуванням окремих валиків, розташованих під кутом до діаметральної площини, з перекриттям один одного, і подальший плазмовий поверхневий нагрів з утворенням окремих доріжок, який **відрізняється** тим, що при плазмовому нагріванні кут нахилу доріжок до діаметральної площини вибирають відповідно до виразів:

$$\varphi_{\max}-(14-16)^{\circ}\leq\alpha_{\min}\leq\varphi_{\max}-(8-10)^{\circ};$$

$$\varphi_{\min}+(28-30)^{\circ}\leq\alpha_{\max}\leq\varphi_{\min}+(53-55)^{\circ},$$

де α_{\min} і α_{\max} - мінімальне і максимальне значення кута нахилу доріжок до діаметральної площини; φ_{\min} і φ_{\max} - мінімальне і максимальне значення кута нахилу наплавлених валиків до діаметральної площини.

2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що додатково проводять відпустку наплавлених валиків шляхом плазмового поверхневого нагрівання до температури 680-720 °С на глибину, яку визначають із співвідношення: $(0,20-0,25)h_{\text{нап}}\leq h_{\text{відп}}\leq(0,35-0,45)h_{\text{нап}}$, де $h_{\text{нап}}$ - висота наплавлених валиків, $h_{\text{відп}}$ - глибина зони плазмового відпуску.

10

15

20

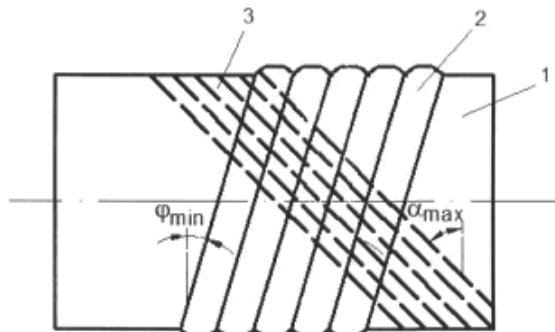


Fig. 1

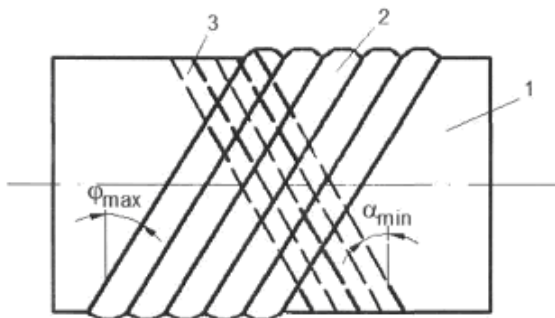


Fig. 2

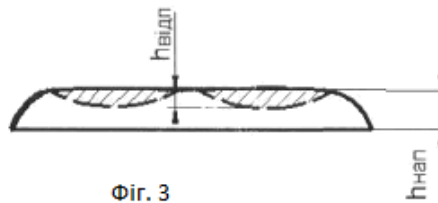


Fig. 3

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