



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
C23C 4/18 (2006.01)

(21)(22) Заявка: 2017138447, 03.11.2017

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
03.11.2017

Дата регистрации:
22.01.2019

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 03.11.2017

(45) Опубликовано: 22.01.2019 Бюл. № 3

Адрес для переписки:

119334, Москва, Ленинский пр-кт, 49,
Федеральное государственное бюджетное
учреждение науки Институт металлургии и
материаловедения им. А.А. Байкова
Российской академии наук (ИМЕТ РАН)

(72) Автор(ы):

Иванников Александр Юрьевич (RU),
Калита Василий Иванович (RU),
Комлев Дмитрий Игоревич (RU),
Радюк Алексей Александрович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
учреждение науки Институт металлургии и
материаловедения им. А.А. Байкова
Российской академии наук (ИМЕТ РАН)
(RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2338005 C2, 10.11.2008. CN
101994079 A, 30.03.2011. RU 2480533 C1,
27.04.2013. US 9663870 B2, 30.05.2017. US
5298095 A1, 29.03.1994.

(54) СПОСОБ КОМБИНИРОВАННОГО УПРОЧНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ

(57) Реферат:

Изобретение относится к области упрочняюще-чистовой обработки деталей и может быть использовано в различных областях машиностроения для защиты и упрочнения поверхностей деталей с целью снижения шероховатости, повышения плотности. Способ упрочнения поверхности стальной детали включает нанесение плазменным напылением на деталь порошкового металлического покрытия и последующее его пластическое деформирование инструментом совместно с пропусканием электрического тока, при этом перед пластическим деформированием деталь с плазменным металлическим покрытием нагревают до температуры 100-600°C, а

пластическое деформирование осуществляют последовательно тремя инструментами, установленными в одной плоскости, через которые пропускается электрический ток, при этом ширина контактной поверхности инструментов определяется из условия: $v_1 = (1 \div 2) \cdot v_2 = (2 \div 5) \cdot v_3$, где v_1 , v_2 , v_3 - ширина контактной поверхности инструмента, через который осуществляется электроконтактный нагрев. Техническим результатом изобретения является снижение остаточной пористости плазменного покрытия и его шероховатости, повышение когезионной, адгезионной прочности и микротвердости. 3 пр.

RU 2 677 906 C1

RU 2 677 906 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
C23C 4/18 (2006.01)

(21)(22) Application: **2017138447, 03.11.2017**

(24) Effective date for property rights:
03.11.2017

Registration date:
22.01.2019

Priority:

(22) Date of filing: **03.11.2017**

(45) Date of publication: **22.01.2019** Bull. № 3

Mail address:

119334, Moskva, Leninskij pr-kt, 49, Federalnoe gosudarstvennoe byudzhetnoe uchrezhdenie nauki Institut metallurgii i materialovedeniya im. A.A. Bajkova Rossijskoj akademii nauk (IMET RAN)

(72) Inventor(s):

**Ivannikov Aleksandr Yurevich (RU),
Kalita Vasilij Ivanovich (RU),
Komlev Dmitrij Igorevich (RU),
Radyuk Aleksej Aleksandrovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

Federalnoe gosudarstvennoe byudzhetnoe uchrezhdenie nauki Institut metallurgii i materialovedeniya im. A.A. Bajkova Rossijskoj akademii nauk (IMET RAN) (RU)

(54) **METHOD OF COMBINED STRENGTHENING OF PARTS SURFACE**

(57) Abstract:

FIELD: technological processes.

SUBSTANCE: invention relates to the field of hardening and finishing machining of parts and can be used in various fields of mechanical engineering for protecting and hardening the surfaces of parts in order to reduce roughness and increase density. Method of hardening the surface of the steel part includes applying a powder metal coating to the part by plasma spraying and its subsequent plastic deformation with an instrument together with passing an electric current, before plastic deformation, a part with a plasma metal coating is heated to a temperature of 100–600 °C, and

plastic deformation is carried out sequentially by three tools installed in the same plane, through which electric current is passed, the width of the contact surface of the tools is determined from the condition: $b_1=(1\div 2) \cdot b_2=(2\div 5) \cdot b_3$, where b_1 , b_2 , b_3 is the width of the contact surface of the instrument through which electrocontact heating is carried out.

EFFECT: decrease in the residual porosity of the plasma coating and its roughness, increase in cohesive, adhesive strength and microhardness.

1 cl, 3 ex

Изобретение относится к области упрочняюще-чистовой обработки стальных деталей и может быть использовано в различных областях машиностроения для защиты и упрочнения поверхностей стальных деталей с целью снижения остаточной пористости, шероховатости и повышения прочности (когезии) порошкового металлического покрытия, нанесенного плазменным напылением, а также прочности сцепления (адгезии) на границе порошковое металлическое покрытие - основной металл.

Известен способ деформационного упрочнения изделий с покрытиями, полученными наплавкой [Влияние последующей деформационной обработки на перераспределение напряжений в наплавленных валах. / В.И. Махненко и др. Автоматическая сварка, 2001, №7, с. 3-6]. Причинами, препятствующими достижению требуемого технического результата: снижения шероховатости, остаточной пористости плазменного покрытия и повышения когезионной, адгезионной прочности, являются невозможность существенного увеличения плотности покрытий, полученных из порошковых компонентов вследствие затруднения пластической деформации и невозможность повышения адгезии на границе раздела покрытия с основным металлом.

Известен способ комбинированного упрочнения поверхностей деталей, заключающийся в одновременном напылении плазменного покрытия и его электромеханической обработке с одновременным охлаждением струей воды высокого давления. (патент РФ №2480533, кл. С23С 4/18, В24В 39/06, В23Н 9/00). Недостатком способа является ограниченная производительность процесса и низкая когезионная прочность между слоями покрытия.

Наиболее близким по технической сущности является способ комбинированного упрочнения поверхностей деталей (патент РФ №2338005, кл. С23С 4/18, В23Н 9/00), при котором на поверхность изделия плазменным напылением наносят покрытие, а затем покрытие подвергают пластическому деформированию с одновременным пропусканием электрического тока через зону контакта инструмента с покрытием.

Указанный в прототипе способ упрочнения позволяет его использовать для ограниченных по величине толщин покрытий порядка 0,1-0,5 мм, при превышении которых покрытие из-за высоких остаточных напряжений может растрескиваться и отслаиваться. Также деформация покрытия одним инструментом приводит к выдавливанию материала покрытия из под ролика в процессе его нагрева на температуру 900-1200°C, что приводит к формированию характерного макрорельефа, т.е. требуется последующая чистовая обработка для получения покрытия с низкой шероховатостью.

Задачей изобретения является: новый способ, обеспечивающий снижения остаточной пористости, шероховатости и повышения прочности (когезии) порошкового металлического покрытия, нанесенного плазменным напылением, а также прочности сцепления (адгезии) на границе порошковое металлическое покрытие - основной металл путем его дополнительного нагрева и пластического деформирования тремя инструментами с пропусканием электрического тока.

Технический результат: 1) снижение остаточной пористости плазменного металлического покрытия; 2) снижение шероховатости; 3) повышение микротвердости, когезионной, адгезионной прочности плазменного металлического покрытия на 100-300%. Технический результат достигается тем, что способ упрочнения поверхности стальной детали, включающий нанесение плазменным напылением на деталь порошкового металлического покрытия и последующее его пластическое деформирование инструментом совместно с пропусканием электрического тока, заключается в том, что перед пластическим деформированием деталь с плазменным металлическим покрытием нагревают до температуры 100-600°C, а пластическое

деформирование осуществляют последовательно тремя инструментами, установленными в одной плоскости, через которые пропускается электрический ток, при этом ширина контактной поверхности инструментов определяется из условия: $v_1 = (1 \div 2) \cdot v_2 = (2 \div 5) \cdot v_3$, где v_1 , v_2 , v_3 - ширина контактной поверхности инструмента, через который

5 осуществляется электроконтактный нагрев.

Получаемый технический результат можно объяснить тем, что вследствие деформирования и нагрева порошкового металлического покрытия происходит заполнение пор, сварка по границам частиц в порошковом металлическом покрытии, сварка на границе покрытия с основным металлом, выглаживание шероховатости

10 поверхности плазменного покрытия. Дополнительный нагрев плазменного покрытия до температуры 100-600°C повышает пластичность плазменного покрытия и снижает вероятность формирования холодных трещин в процессе электромеханической обработки. Нижний интервал 100°C температурного диапазона обоснован

15 необходимостью повышения пластичности обрабатываемого материала для снижения вероятности образования холодных трещин при пластическом деформировании инструментом с пропусканием электрического тока, а верхний интервал температур 600°C ограничивается началом окисления материала покрытия. В сравнении с прототипом применение дополнительного нагрева на 100-600°C позволяет обрабатывать хрупкие покрытия, т.е. снизить вероятность образования холодных трещин, и, как

20 следствие, разрушение покрытия при обработке. Использование трех инструментов, через которые пропускается электрический ток, повышает стабильность электроконтактного нагрева, а также снижает остаточную пористость в металлическом покрытии и повышает качество сварки напыленных частиц в плазменном покрытии и плазменного покрытия с основным металлом. Величина пропускаемого через

25 инструменты электрического тока выбирается из условия нагрева поверхности плазменного покрытия в зоне контакта с первым инструментом до температуры 600-700°C, со вторым инструментом до температуры 900-1000°C, а с третьим инструментом до температуры 1000-1200°C. Большая ширина первого инструмента, через который

30 пропускается электрический ток в сравнении с вторым и третьим инструментом, позволяет осуществлять нагрев большей площади поверхности плазменного покрытия до температуры 600-700°C, что позволяет только снизить шероховатость поверхности для обеспечения контакта второго и третьего инструмента с поверхностью плазменного покрытия. Применение второго и третьего инструмента необходимо для электроконтактного нагрева плазменного покрытия до температуры 900-1200°C, второй

35 инструмент имея большую ширину, чем третий обеспечивает нагрев до температуры 900-1000°C, а третий инструмент позволяет нагревать плазменное покрытие до температуры 1000-1200°C. При этом величина деформирующего усилия каждого инструмента определяется по формуле как в изобретении прототипе. Вследствие высокой температуры нагрева под вторым и третьим инструментом, а также пластического

40 деформирования плазменного покрытия, обеспечивается условие повышения прочности (когезии) плазменного покрытия, а также прочности сцепления (адгезии) на границе плазменное покрытие - основной металл.

Пример 1.

В процессе нанесения защитного покрытие на цилиндрическое изделие из стали Ст.3

45 сформировали покрытие в три стадии. На первой стадии плазменным напылением порошка хром-марганцевой стали сформировали покрытие толщиной 800 мкм с шероховатостью Rz 50. На второй стадии деталь с покрытием нагревается на температуру 100°C. На третьей стадии осуществляется деформация покрытия тремя

инструментами, с пропусканием электрического тока и шириной первого, второго и третьего инструментов соответственно 4, 2, 1 мм. Шероховатость покрытия снижается до величины Ra 1,25. Пористость снижается с 10% до 2%. Микротвердость повышается с 2700 МПа до 5800 МПа. Когезионная прочность повышается с 110 МПа до 310 МПа.

5 Пример 2.

В процессе нанесения защитного покрытие на цилиндрическое изделие из стали Ст.3 сформировали покрытие в три стадии. На первой стадии плазменным напылением порошка никелевого сплава сформировали покрытие толщиной 900 мкм с шероховатостью Rz 50. На второй стадии деталь с покрытием нагревается на
10 температуру 500°C. На третьей стадии осуществляется деформация покрытия тремя инструментами, с пропусканием электрического тока и шириной первого, второго и третьего инструментов соответственно 4, 2, 1 мм. Шероховатость покрытия снижается до величины Ra 0,63. Пористость снижается с 8% до 2%. Микротвердость повышается с 3500 МПа до 7000 МПа. Когезионная прочность повышается с 100 МПа до 300 МПа,
15 адгезионная прочность повышается с 70 до 210 МПа.

Пример 3.

В процессе нанесения защитного покрытие на цилиндрическое изделие из стали Ст.3 сформировали покрытие в три стадии. На первой стадии плазменным напылением порошка высокохромистого чугуна сформировали покрытие толщиной 800 мкм с шероховатостью Rz 50. На второй стадии деталь с покрытием нагревается на
20 температуру 600°C. На третьей стадии осуществляется деформация покрытия тремя инструментами, с пропусканием электрического тока и шириной первого, второго и третьего инструментов соответственно 4, 2, 1 мм. Шероховатость покрытия снижается до величины Ra 0,63. Пористость снижается с 10% до 2%. Микротвердость повышается с 4000 МПа до 10000 МПа. Адгезионная прочность повышается с 50 до 110 МПа.
25

По предлагаемому способу упрочнения стальной детали получено снижение шероховатости поверхности плазменного покрытия, остаточной пористости и повышение микротвердости, когезионной, адгезионной прочности на 100-300%.

30 (57) Формула изобретения

Способ упрочнения поверхности стальной детали, включающий нанесение плазменным напылением на деталь порошкового металлического покрытия и последующее его пластическое деформирование инструментом совместно с пропусканием электрического тока, отличающийся тем, что перед пластическим
35 деформированием деталь с плазменным металлическим покрытием нагревают до температуры 100-600°C, а пластическое деформирование осуществляют последовательно тремя инструментами, установленными в одной плоскости, через которые пропускается электрический ток, при этом ширина контактной поверхности инструментов определяется из условия: $v_1=(1\div 2)\cdot v_2=(2\div 5)\cdot v_3$, где v_1 , v_2 , v_3 - ширина контактной
40 поверхности инструмента, через который осуществляется электроконтактный нагрев.