



(51) МПК

B23P 6/00 (2006.01)*C23C 26/02* (2006.01)*B23H 9/00* (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2004106687/02, 05.03.2004

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
05.03.2004

(43) Дата публикации заявки: 27.08.2005

(45) Опубликовано: 20.03.2006 Бюл. № 8

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: RU 2173731 C1, 20.09.2001. RU 2206439
C2, 20.06.2003. SU 1521542 A1, 15.11.1989.
SU 257984 A, 20.11.1969. CA 1284782 A,
11.06.1991.

Адрес для переписки:

634021, г.Томск, пр. Академический, 2/1,
ИФПМ СО РАН, патентный отдел

(72) Автор(ы):

Колобов Юрий Романович (RU),
Кашин Олег Александрович (RU),
Винокуров Владимир Алексеевич (RU),
Найдёнкин Евгений Владимирович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Институт физики прочности и
материаловедения (ИФПМ) СО РАН (RU)(54) СПОСОБ ВОССТАНОВЛЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ИЗНОШЕННЫХ
ДЕТАЛЕЙ ИЗ СТАЛЕЙ И ЧУГУНОВ

(57) Реферат:

Изобретение относится к машиноведению и ремонту деталей машин. Предложенный способ включает нанесение электроискровым легированием по крайней мере одного покрытия. Износостойкое покрытие наносят электродом из интерметаллида Ni_3Al , легированного бором, следующего состава, мас. %: Al - 2-15; B - 0,02-0,2; Ni - остальное. В частных случаях выполнения изобретения рассматриваемый электрод дополнительно содержит дисперсные частицы нитрида кремния Si_3N_4 . Перед нанесением на

деталь износостойкого покрытия в качестве промежуточного адгезионно-барьерного покрытия наносят слой никеля толщиной 20-50 мкм. После нанесения покрытия проводят механическую обработку деталей. Восстанавливают детали с износом до 100 мкм или с износом 100-300 мкм. Техническим результатом изобретения является разработка способа, позволяющего восстановить и повысить износостойкость изношенных деталей, а также увеличить прочность сцепления нанесенного покрытия с материалом основы. 5 з.п. ф-лы, 3 табл.



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(51) Int. Cl.

B23P 6/00 (2006.01)*C23C 26/02* (2006.01)*B23H 9/00* (2006.01)(12) **ABSTRACT OF INVENTION**(21), (22) Application: **2004106687/02, 05.03.2004**(24) Effective date for property rights: **05.03.2004**(43) Application published: **27.08.2005**(45) Date of publication: **20.03.2006 Bull. 8**

Mail address:

**634021, g.Tomsk, pr. Akademicheskij, 2/1,
IFPM SO RAN, patentnyj otdel**

(72) Inventor(s):

**Kolobov Jurij Romanovich (RU),
Kashin Oleg Aleksandrovich (RU),
Vinokurov Vladimir Alekseevich (RU),
Najdenkin Evgenij Vladimirovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Institut fiziki prochnosti i
materialovedenija (IFPM) SO RAN (RU)**

(54) **METHOD FOR IMPROVING WEAR RESISTANCE OF WORN PARTS OF STEEL AND CAST IRON AND FOR RESTORING SUCH PARTS**

(57) Abstract:

FIELD: mechanical engineering, restoration of machine parts.

SUBSTANCE: method is realized by applying at least one coating by means of electric spark alloying. Wear resistance coating is applied with use of electrode of boron alloyed intermetallide Ni₃Al containing, mass %: Al, 2 - 15; B, 0.02 - 02; Ni, the balance. In variants of invention electrode contains in addition dispersed particles of Si₃N₄. Before applying on part layer of wear

resistant coating, nickel layer with thickness 20 - 50 micrometers is applied as intermediate adhesion barrier. Coated parts are subjected to mechanical working. Restoration is realized for parts with wear degree up to 100 micrometers or with wear degree 100 - 300 micrometers.

EFFECT: possibility for restoring parts, improving their wear resistance and increasing adhesion strength of applied coating with base material of part.

6 cl, 3 tbl, 3 ex

Изобретение относится к машиностроению и ремонту деталей машин и может быть использовано для восстановления изношенных деталей из стали или чугуна, например посадочных мест под подшипники качения, втулки и вкладыши подшипников скольжения, шкивы, барабаны и т.д., а также для увеличения ресурса и надежности пар трения за счет нанесения покрытий из износостойких материалов.

Известен способ восстановления деталей методом электролитического хромирования с последующей механической обработкой нанесенного покрытия (Богорау Л.Я. Хромирование. - Л.: Машиностроение. 1984. - 121 с.). Однако использование этого метода для восстановления деталей ограничено тем, что полученные покрытия отличаются низкой адгезией с материалом детали и недостаточной износостойкостью. Кроме того, растворы, используемые при электролитическом хромировании, обладают высокой токсичностью.

Существует способ восстановления изношенных деталей, включающий предварительную механическую обработку рабочей поверхности восстанавливаемых деталей, установку на нее закладного элемента с предварительно нанесенным износостойким материалом, его приварку и последующую механическую обработку (патент РФ 2206439, МПК В 23 Р 6/02, 22.03.2001). Недостатком данного способа является то, что приходится изготавливать закладной элемент и проводить многократную механическую обработку.

Наиболее близким по совокупности существенных признаков к заявляемому изобретению является способ восстановления размеров отверстий в деталях из чугуна, заключающийся в нанесении износостойкого антифрикционного покрытия и последующей его механической обработке (патент РФ 2173731, МПК С 23 С 4/12, 26/00, 24.04.2000). Нанесение покрытия из меди при износе отверстия до 140 мкм осуществляют электроискровой наплавкой с энергией импульса 0,28-1,66 Дж, удельным временем наплавки 2,0-3,0 мин/см², при частоте вибрации электрода 150-250 Гц. При износе отверстий 140-300 мкм перед нанесением покрытия из меди электроискровой наплавкой наносят слой покрытия из стали с удельным временем наплавки 2,5-4,0 мин/см².

Недостатком данного способа является то, что в качестве износостойкого покрытия используется медь, температурный коэффициент линейного расширения (ТКЛР) которой равен $\alpha=16,7 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ при $T=300 \text{ K}$. В то же время у чугунов СЧ12-28, СЧ15-32, СЧ18-36, СЧ21-40 температурный коэффициент линейного расширения $\alpha=11,8 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ в интервале температур 293-473 К (Физические величины. Справочник. А.П.Бабичев, Н.А.Бабушкина, А.М.Братковский и др.; Под ред. И.С.Григорьева, Е.З.Мейлихова. - М.: Энергоиздат, 1991. - 1232 с). Разница в коэффициентах линейного расширения может в процессе эксплуатации при небольшом нагреве привести к возникновению трещин и отслоению покрытия. Кроме того, медь обладает сравнительно низкой износостойкостью.

Задачей данного изобретения является разработка способа восстановления и повышения износостойкости изношенных деталей из сталей и чугунов путем нанесения покрытий необходимой толщины на изношенные детали электродом из материала с высокими триботехническими свойствами. Восстановленные предлагаемым способом покрытия изношенной детали обладают высокой прочностью сцепления с материалом основы.

Указанный технический результат достигается тем, что в заявляемом способе, включающем нанесение, по крайней мере, одного покрытия электроискровым легированием и последующую его механическую обработку, износостойкое покрытие наносят электродом из интерметаллида Ni_3Al , легированного бором, следующего состава, мас. %: Al - 2÷15; В - 0.02÷0.2; Ni - остальное или электродом из интерметаллида Ni_3Al , легированного бором, дополнительно содержащим дисперсные частицы нитрида кремния Si_3N_4 , следующего состава, мас. %: Al - 2÷15; В - 0.02÷0.2; Si_3N_4 - до 16; Ni - остальное.

Кроме того, при износе деталей до 100 мкм износостойкое покрытие наносят электродом из интерметаллида Ni_3Al , легированного бором, следующего состава, мас. %: Al - 2÷15; В - 0.02÷0.2; Ni - остальное, а при износе деталей 100-300 мкм износостойкое покрытие

наносят электродом из интерметаллида Ni_3Al , легированного бором, дополнительно содержащим дисперсные частицы нитрида кремния Si_3N_4 , следующего состава, мас. %: Al - $2 \div 15$; B - $0.02 \div 0.2$; Si_3N_4 - до 16; Ni - остальное.

5 Кроме того, на деталь перед нанесением износостойкого покрытия в качестве промежуточного адгезионно-барьерного покрытия наносят слой никеля толщиной 20-50 мкм.

Кроме того, для деталей, при посадке которых необходим натяг, механическую обработку не проводят.

10 Интерметаллид Ni_3Al , легированный бором, обладает достаточной пластичностью и высоким пределом текучести. Его ТКЛР близок к ТКЛР чугунов и сталей (см. таблицы 1 и 2) и равен $\alpha = 12,8 \cdot 10^{-6} K^{-1}$ при комнатной температуре (Вол А.Е. Строение и свойства двойных металлических систем. М.: Физматиз, 1959, том I, 755 с.). Кроме того, данный интерметаллид обладает высоким сопротивлением износу.

15 Использование в составе электрода дисперсных частиц нитрида кремния позволяет, с одной стороны, за счет вариации содержания частиц Si_3N_4 обеспечивать в покрытии нужную величину ТКЛР (см. таблицу 3), а с другой стороны, наличие частиц Si_3N_4 снижает уровень остаточных напряжений, возникающих в процессе нанесения покрытия, позволяя тем самым наносить покрытие большей толщины.

20 На некоторые марки сталей и чугунов не удается непосредственно нанести качественное износостойкое покрытие указанных составов либо из-за недостаточной адгезии, либо из-за образования в диффузионном слое хрупких алюминидов $(FeNi)_3Al$ и $(FeNi)Al$. В этих случаях в заявляемом способе в качестве промежуточного адгезионно-барьерного покрытия наносят слой никеля, обеспечивающий хорошую адгезию и препятствующий взаимодействию Ni_3Al с материалом восстанавливаемых деталей. ТКЛР 25 никеля близок к ТКЛР сталей и чугунов и равен $\alpha = 11,4 \cdot 10^{-6} K^{-1}$ при $T = 200 K$ и $\alpha = 13,4 \cdot 10^{-6} K^{-1}$ при $T = 300 K$.

30 Содержание никеля и алюминия в указанном интервале в электродах определяется областью существования интерметаллида Ni_3Al на фазовой диаграмме состояния. При изменении концентрации никеля и алюминия за указанные пределы материал имеет другой фазовый состав с соответствующими свойствами. Нижнее значение концентрации бора в электродах является минимальным для достижения необходимой технологической пластичности интерметаллида Ni_3Al , превышение же верхнего указанного предела концентрации бора приводит к охрупчиванию интерметаллида Ni_3Al . Максимальное 35 количество частиц нитрида кремния в электроде определяется тем, что при большем содержании материал становится хрупким, что приводит к снижению прочности и износостойкости. Электроды с полным отсутствием частиц нитрида кремния могут быть использованы для некоторых материалов упрочняемых деталей, например, когда требуется небольшая толщина покрытия, а ТКЛР покрытия и материала упрочняемой 40 детали близки.

Предлагаемый способ осуществляется следующим образом.

При износе стальных деталей, не превышающем 100 мкм, наносится слой интерметаллида Ni_3Al , легированный бором, без частиц нитрида кремния. При необходимости в зависимости от материала детали может быть нанесен в качестве 45 промежуточного адгезионно-барьерного покрытия слой никеля. При износе деталей 100-300 мкм на поверхность изношенной детали наносят адгезионно-барьерный слой Ni толщиной 20-50 мкм, а затем износостойкое покрытие необходимой толщины из интерметаллида Ni_3Al , легированного бором и содержащего дисперсные частицы нитрида кремния Si_3N_4 . Нанесение покрытия осуществляется методом электроискрового легирования (ЭИЛ) на установке ES-4M электродами из материала вышеуказанных 50 составов. Электроды изготавливаются из порошковой шихты методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) или прессованием с последующим спеканием. Режимы нанесения покрытия выбираются исходя из необходимой толщины наносимого слоя. При износе сопрягаемых деталей 150-300 мкм

необходимую толщину покрытия получают за несколько проходов соответствующим электродом. Режимы ЭИЛ подбирают так, чтобы суммарная толщина покрытия на 50-70 мкм превышала износ детали. Необходимый размер получают последующей механической обработкой - шлифовкой или доводкой с помощью притира, что обеспечивает необходимый технологический зазор в сопрягаемых деталях.

Для деталей, при посадке которых необходим натяг, последующую механическую обработку вообще не проводят, а производят посадку в горячую или с помощью прессы. При посадке внатяг выступы поверхности, полученной в результате ЭИЛ, препятствуют проворачиванию сопрягаемых деталей относительно друг друга.

Пример 1.

Износ посадочного места под подшипник на валу не превышает 0,2 мм. Покрытие наносится методом электроискрового легирования (ЭИЛ) электродом из интерметаллида Ni_3Al , легированного бором. Делают один или несколько проходов до получения нужной толщины покрытия.

Пример 2.

Износ отверстия под наружное кольцо подшипника составляет ~0,2 мм. Покрытие наносится методом ЭИЛ из интерметаллида Ni_3Al , легированного бором.

Пример 3.

Восстановление посадочного места под подшипники качения при износе ~0,2 мм производят следующим образом. Обезжиривают изношенную поверхность бензином (нефрас С2-80/120 ТУ 38.401-67-108-92), наносят методом электроискрового легирования адгезионно-барьерный слой из никеля толщиной ~40 мкм, затем наносят тем же методом необходимую толщину покрытия из интерметаллида Ni_3Al , легированного бором и содержащего дисперсные частицы нитрида кремния. Соответствующий квалитет определяется полем допуска на нужный номер подшипника по ГОСТу 25346-82.

Применение метода ЭИЛ с использованием электродов предлагаемых составов позволяет восстанавливать детали из стали и чугуна с достаточно большим износом, одновременно повышая триботехнические свойства изделий. В зависимости от износостойкости исходного материала восстанавливаемой детали повышение износостойкости детали с нанесенным покрытием может составлять от 1,5 до 5 раз. Использование метода ЭИЛ в сочетании с нанесением адгезионно-защитного покрытия обеспечивает прочность связи между основным материалом и износостойким покрытием, превышающую когезионную прочность основного материала.

Таблица 1
Температурный коэффициент линейного расширения чугунов. Приведены значения истинного ТКЛР α (при данной температуре Т) или среднего ТКЛР $\bar{\alpha}$ (в интервале ΔT)

Марка или название	$\Delta T, T, ^\circ C$	$\alpha, \bar{\alpha}, 10^{-6} K^{-1}$
СЧ 00, СЧ10	20	10,0
СЧ 12-28, СЧ 15-32, СЧ 18-36, СЧ 21-40	20-200	11,8
СЧ 32-52	-77	11,2
АВЧ-1, АЧК-1	20	11,0
ЧМ 1,3, ЧМ 1,8	20-100	12,0
ПЧ, ПЧИ, ХТВ, ХНВ	20-600	13,6
Чугун: белый	20	7-11
	20-100	10
серый	20	11
ферритный ковкий	20-100	11
	20-300	12,3
	20-500	13,6
	20-700	14,7

Таблица 2
Температурный коэффициент линейного расширения некоторых сталей. Приведены значения среднего ТКЛР $\bar{\alpha}$ (в интервале ΔT)

Марка стали	$\Delta T, ^\circ\text{C}$	$\bar{\alpha}, 10^{-6}\text{K}^{-1}$
10	20-1000	12,6
25	20-1000	13,4
55	20-1000	14,4
65	20-1000	14,8
30X	20-1000	13,8
40X	20-800	12,0
30XГСА	20-700	14,3
15XM	20-800	13,4
12XН2А	20-700	13,9
20XН3А	20-700	13,6
38X2Н2МА	20-700	14,6
12X13	20-800	13,0
30X13	20-800	12,6

Таблица 3 Температурный коэффициент линейного расширения интерметаллида Ni_3Al , легированного бором, в зависимости от содержания нитрида кремния Si_3N_4 . Приведены значения среднего ТКЛР α (в интервале $\Delta T=295-1275\text{ K}$)	
Состав материала (мас.%)	$\alpha \cdot 10^{-6}\text{K}^{-1}$
Интерметаллид Ni_3Al , легированный бором	16,3
Интерметаллид Ni_3Al , СВС	16,3
Интерметаллид Ni_3Al , легированный бором - 99,1 Нитрид кремния Si_3N_4 - 0,9	15,6
Ni_3Al , легированный бором - 97,7 Si_3N_4 - 2,3	15,0
Ni_3Al , легированный бором - 96,3 Si_3N_4 - 3,7	14,2
Ni_3Al , легированный бором - 95,4 Si_3N_4 - 4,6	13,3
Ni_3Al , легированный бором - 94,4 Si_3N_4 - 5,6	13,3
Ni_3Al , легированный бором - 90,1 Si_3N_4 - 9,9	13,3
Ni_3Al , легированный бором - 84,2 Si_3N_4 - 15,8	12,6

Формула изобретения

1. Способ восстановления изношенных деталей из стали или чугуна, включающий нанесение электроискровым легированием, по крайней мере, одного покрытия, отличающийся тем, что износостойкое покрытие наносят электродом из интерметаллида Ni_3Al , легированного бором, следующего состава, мас. %: Al 2÷15, B 0,02÷0,2, Ni остальное.
2. Способ по п.1, отличающийся тем, что восстанавливают детали с износом до 100 мкм.
3. Способ по п.1, отличающийся тем, что износостойкое покрытие наносят электродом из интерметаллида Ni_3Al , легированного бором, дополнительно содержащим дисперсные частицы нитрида кремния Si_3N_4 , следующего состава, мас. %: Al 2÷15, B 0,02÷0,2, Si_3N_4 до 16, Ni остальное.
4. Способ п.3, отличающийся тем, что восстанавливают детали с износом 100-300 мкм.
5. Способ по любому из пп.1-4, отличающийся тем, что на деталь перед нанесением износостойкого покрытия в качестве промежуточного адгезионно-барьерного покрытия наносят слой никеля толщиной 20-50 мкм.
6. Способ по п.1, отличающийся тем, что после нанесения покрытия проводят механическую обработку деталей.