



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2013138998/02, 21.08.2013

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
21.08.2013

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: 21.08.2013

(43) Дата публикации заявки: 27.02.2015 Бюл. № 6

(45) Опубликовано: 20.07.2015 Бюл. № 20

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2486994 C2, 27.12.2012. RU 2241579 C1, 10.12.2004. RU 2110607 C1, 10.05.1998. WO 02/08416 A1, 24.10.2002.

Адрес для переписки:
450000, г.Уфа, ул. К. Маркса, 12, ФГБУ ВПО УГАТУ, отдел интеллектуальной собственности, Ефремовой В.П.

(72) Автор(ы):
Бондарев Сергей Георгиевич (RU),
Дыбленко Юрий Михайлович (RU),
Оленин Артем Владимирович (RU),
Смыслов Анатолий Михайлович (RU),
Мингажев Аскар Джамилевич (RU),
Дыбленко Михаил Юрьевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):
Бондарев Сергей Георгиевич (RU),
Дыбленко Юрий Михайлович (RU),
Оленин Артем Владимирович (RU),
Смыслов Анатолий Михайлович (RU),
Мингажев Аскар Джамилевич (RU),
Дыбленко Михаил Юрьевич (RU)

(54) СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ УПРОЧНЕННОГО СЛОЯ НА РЕЗЬБОВОЙ ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛИ ИЗ ЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ

(57) Реферат:
Изобретение относится к машиностроению и может быть использовано для защитно-упрочняющей обработки деталей с резьбовыми поверхностями, применяемых, например, в ролико-винтовых и шарико-винтовых передачах. Способ включает формирование геометрии резьбы резьбообразующим инструментом, ее обработку электролитно-плазменным методом, при котором погружают деталь в электролит - 3-8% водный раствор сульфата аммония, формируют парогазовую оболочку и зажигают электрический разряд между обрабатываемой деталью и электролитом путем подачи на обрабатываемую деталь электрического потенциала, при этом обеспечивают режим

электролитно-плазменного полирования резьбовой поверхности при напряжении 260-310 В, температуре электролита 70-85°C, плотности тока 0,20-0,55 А/см², а после электролитно-плазменной обработки резьбовой поверхности детали помещают в вакуумную камеру установки для ионно-имплантационной обработки, проводят ионную очистку ионами аргона при энергии от 6 до 8 кэВ, плотности тока от 100 до 120 мкА/см² в течение от 0,2 до 0,8 ч и ионно-имплантационную обработку поверхности детали ионами иттербия или азота при энергии от 20 до 35 кэВ. Технический результат: повышение износостойкости и антифрикционных свойств резьбовых поверхностей. 11 з.п. ф-лы, 1 пр.



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(19) **RU** (11) **2 557 183**⁽¹³⁾ **C2**

(51) Int. Cl.
C25F 3/24 (2006.01)
C23C 14/48 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2013138998/02, 21.08.2013

(24) Effective date for property rights:
21.08.2013

Priority:

(22) Date of filing: 21.08.2013

(43) Application published: 27.02.2015 Bull. № 6

(45) Date of publication: 20.07.2015 Bull. № 20

Mail address:

450000, g.Ufa, ul. K. Marksa, 12, FGBU VPO
UGATU, otdel intellektual'noj sobstvennosti,
Efremovoj V.P.

(72) Inventor(s):

**Bondarev Sergej Georgievich (RU),
Dyblenko Jurij Mikhajlovich (RU),
Olenin Artem Vladimirovich (RU),
Smyslov Anatolij Mikhajlovich (RU),
Mingazhev Askar Dzhamilevich (RU),
Dyblenko Mikhail Jur'evich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Bondarev Sergej Georgievich (RU),
Dyblenko Jurij Mikhajlovich (RU),
Olenin Artem Vladimirovich (RU),
Smyslov Anatolij Mikhajlovich (RU),
Mingazhev Askar Dzhamilevich (RU),
Dyblenko Mikhail Jur'evich (RU)**

(54) **FABRICATION OF REINFORCED LAYER ON TREADED SURFACE OF PART FROM ALLOYED STEELS**

(57) Abstract:

FIELD: process engineering.

SUBSTANCE: invention relates to machine building and can be used for surface hardening of parts with threaded surfaces used, for example, in roller-screw and boll-screw gearings. This process comprises shaping the thread geometry by thread cutting tool and processing by electrolyte-plasma process. Here, part is dipped in electrolyte, 3-8% water solution of ammonia sulphate, to produce vapour-gas shell. Electric discharge is fired between processed part and electrolyte by feed of electric potential to processed part. Note here that electrolyte-plasma polishing of threaded surface is

performed at 260-310 V, electrolyte temperature of 70-85°C and current density of 0.20-0.55 A/cm². After electrolyte-plasma processing of threaded surface the part is placed in vacuum chamber for ion-implant processing. Ionic cleaning by argon ions is performed at 6-8 keV, current density of 100-120 mA/cm² for 0.2-0.8 hours and ion-implant processing of part surface by ions of ytterbium or nitrogen at 20-35 keV.

EFFECT: higher wear resistance and antifriction properties.

12 cl, 1 ex

R U 2 5 5 7 1 8 3 C 2

R U 2 5 5 7 1 8 3 C 2

Изобретение относится к машиностроению и может быть использовано для защитно-упрочняющей обработки деталей с резьбовыми поверхностями, применяемых, например, в роliko-винтовых и шарико-винтовых передачах.

Известен способ получения упрочненного слоя на резьбовой поверхности детали из металлов или сплавов лазерным излучением [патент РФ №2047661, МПК C21D 1/09. СПОСОБ ОБРАБОТКИ РЕЗЬБОВОГО ИЗДЕЛИЯ], включающий поверхностную лазерную закалку впадины зубьев. Лазерной закалке подвергают также поверхность выступов зубьев в режиме оплавления. Недостатком известного способа является необходимость использования высокоточного дорогостоящего оборудования и относительно низкая производительность процесса обработки резьбовых поверхностей. При этом с уменьшением размеров резьбовых поверхностей требования к точности обработки таких деталей, как детали роliko-винтовых пар увеличивается. Кроме того, возникают сложности проникновения лазерного луча на внутреннюю поверхность деталей малого диаметра и значительной протяженности. Поэтому этот способ имеет ограниченное применение и может быть реализован только для обработки наружных цилиндрических поверхностей.

Известен также способ получения упрочненного слоя на внутренней резьбовой поверхности детали, включающий пластическое деформирование металла метчиком с раздвижными деформируемыми элементами [патент РФ 2241579, МПК B23G 5/06, B23P 15/52, B24B 39/00, B21H 3/08. Способ статико-импульсного формообразования и упрочнения внутренних резьб и профилей // Ю.С. Степанов, А.В. Киричек и др. - Оpubл. БИ 12, 10.12.2004] В известном способе производят упрочнение статико-импульсной обработкой резьбы прилагая к ней периодическую динамическую нагрузку. Однако детали, обработанные известным способом, характеризуются наличием микротрещин в поверхностном слое материала, снижающих прочность и износостойкость резьбы. Кроме того, сложность используемого инструмента и технологии упрочнения приводят к возрастанию стоимости обработки детали.

Наиболее близким по технической сущности и достигаемому результату к предлагаемому способу является способ получения упрочненного слоя на резьбовой поверхности детали из легированных сталей [Заявка РФ №2011125810, МПК B23G 1/00. Способ изготовления резьбы на детали. Дата публикации заявки: 27.12.2012, Бюл. №36], включающий формирование геометрии резьбы резьбообразующим инструментом, ее обработку воздействием электрического тока. При этом упрочнение производят термомеханическим воздействием за счет прохождения через зону контакта инструмента и детали электрического тока. Термомеханическое воздействие производят двумя электропроводными инструментами, один из которых, инструмент-пластина, изготовленная из твердого сплава, выполненная невращающейся относительно детали, устанавливается во впадину между витками и производит отделочно-упрочняющую обработку основания и прилегающих к нему боковых поверхностей, ниже среднего диаметра резьбы, а второй, инструмент-ролик, изготовлен из бронзы, выполнен вращающимся, устанавливается между двумя соседними боковыми витками и производит поверхностную закалку оставшейся части боковых поверхностей, причем подвод электрического тока на инструменты выполнен таким образом, что площадь контакта инструмента-пластины и инструмента-ролика равны между собой.

Недостатками известного способа являются сложность конструкции механизма перемещения упрочняющего инструмента, невысокая производительность, поскольку необходимо каждую деталь обрабатывать индивидуально, и низкая износостойкость резьбовой поверхности, обеспечиваемая использованием только процесса закалки.

Поэтому использование упрочненных по известному способу [Заявка РФ №2011125810, МПК В23G 1/00. Способ изготовления резьбы на детали. Дата публикации заявки: 27.12.2012, Бюл. №36], деталей для таких устройств, как роliko-винтовые передачи, не позволяет получить высокие эксплуатационные свойства, такие как износостойкость, антиадгезионные свойства и низкий коэффициент трения.

Задачей настоящего изобретения является создание такого поверхностного слоя материала детали, который позволил бы обеспечить повышенные эксплуатационные характеристики резьбовых поверхностей ответственных деталей из легированных сталей (износостойкости и антифрикционных свойств).

Техническим результатом заявляемого способа является повышение эксплуатационных характеристик (износостойкости и антифрикционных свойств) резьбовых поверхностей ответственных деталей из легированных сталей за счет применения электролитно-плазменной и ионно-имплантационной обработки поверхности деталей.

Технический результат достигается тем, что в способе получения упрочненного слоя на резьбовой поверхности детали из легированных сталей, включающем формирование геометрии резьбы резьбообразующим инструментом, ее обработку воздействием электрического тока, в отличие от прототипа, обработку воздействием электрического тока проводят электролитно-плазменным методом: погружают деталь в электролит, используя в качестве электролита 3-8% водный раствор сульфата аммония, формируют вокруг обрабатываемой поверхности детали парогазовую оболочку и зажигают электрический разряд между обрабатываемой деталью и электролитом путем подачи на обрабатываемую деталь электрического потенциала, при этом обеспечивают режим электролитно-плазменного полирования резьбовой поверхности: напряжение 260-310 В, температура электролита 70-85°C, ток 0,20-0,55 А/см², а после электролитно-плазменной обработки резьбовой поверхности, детали помещают в вакуумную камеру установки для ионно-имплантационной обработки, проводят ионную очистку ионами аргона при энергии от 6 до 8 кэВ, плотности тока от 100 до 120 мкА/см² в течение от 0,2 до 0,8 ч и ионно-имплантационную обработку поверхности детали ионами иттербия или азота при энергии от 20 до 35 кэВ.

Кроме того, возможно использование следующих дополнительных технологических приемов: создание требуемого вакуума производится турбомолекулярным насосом; создают вакуум от 10⁻⁵ до 10⁻⁷ мм рт. ст.; ионную имплантацию проводят или в импульсном, или в непрерывном режиме; после ионно-имплантационной обработки проводят постимплантационный отжиг; в качестве деталей из легированных сталей используют детали роliko-винтовой или шарико-винтовой передачи.

Для оценки эксплуатационных свойств деталей из легированных сталей с резьбовыми поверхностями были проведены следующие испытания. Образцы из легированных сталей ШХ-15, 12Х2Н4А и 40ХН2МА были подвергнуты электролитно-плазменной обработке с последующей ионно-имплантационной обработкой по предлагаемому способу и обработанные согласно способу-прототипу [Заявка РФ №2011125810, МПК В23G 1/00. Способ изготовления резьбы на детали. Дата публикации заявки 27.12.2012, Бюл. №36].

Обработка электролитно-плазменным методом

Деталь погружали в электролит и производили ЭПО, используя в качестве электролита 3-8% водный раствор сульфат аммония (по следующим вариантам: 2% - неудовлетворительный результат (Н.Р.); 3% - удовлетворительный результат (У.Р.);

4% - (У.Р.); 5% - (У.Р.); 6% - (У.Р.); 7% - (У.Р.); 8% - (У.Р.); 9% - (Н.Р.)), обеспечивая режим электролитно-плазменного полирования (ЭПП) резьбовой поверхности: напряжение 260-310 В (250 В - (Н.Р.); (260 В-(У.Р.); (280 В - (У.Р.); (300 В - (У.Р.); 310 В - (У.Р.); 320 В - (Н.Р.)), температура электролита 70-85°C (60°C - (Н.Р.); 70°C - (У.Р.); 75°C - (У.Р.); 85°C -(У.Р.); 95°C -(Н.Р.)), ток 0,20-0,55 А/см² - 0,12 А/см² (Н.Р.); 0,20 А/см² (У.Р.); 0,33 А/см² (У.Р.); 0,42 А/см² (У.Р.); 0,55 А/см² (У.Р.); 0,63 А/см² (Н.Р.)).

При ЭПП формировали вокруг обрабатываемой поверхности детали парогазовую оболочку, зажигали электрический разряд между обрабатываемой деталью и электролитом путем подачи на обрабатываемую деталь электрического потенциала (как положительного - анодная, так и отрицательного - катодная обработка).

После электролитно-плазменной обработки резьбовой поверхности, детали помещали в вакуумную камеру установки для ионно-имплантационной обработки, проводили ионную очистку ионами аргона при энергии от 6 до 8 кэВ (4,7 кэВ - (Н.Р.); 6 кэВ - (У.Р.); 7 кэВ - (У.Р.); 8 кэВ - (У.Р.); 9,3 кэВ - (Н.Р.)), плотности тока от 100 мкА/см² до 120 мкА/см² (90 мкА/см² - (Н.Р.); 100 мкА/см² - (У.Р.); 110 мкА/см² - (У.Р.); 120 мкА/см² - (У.Р.); 130 мкА/см² - (Н.Р.)) в течение от 0,2 до 0,8 ч (0,1 ч - (Н.Р.); 0,2 ч - (У.Р.); 0,4 ч - (У.Р.); 0,6 ч - (У.Р.); 0,8 ч - (У.Р.); 1,0 ч - (Н.Р.)) и ионно-имплантационную обработку поверхности детали ионами иттербия при энергии от 20 до 35 кэВ (15 кэВ - (Н.Р.); 20 кэВ - (У.Р.); 25 кэВ - (У.Р.); 30 кэВ - (У.Р.); 35 кэВ - (У.Р.); 40 кэВ - (Н.Р.)) или ионно-имплантационную обработку поверхности детали ионами азота при энергии от 20 до 35 кэВ (15 кэВ - (Н.Р.); 20 кэВ - (У.Р.); 25 кэВ - (У.Р.); 30 кэВ - (У.Р.); 35 кэВ - (У.Р.); 40 кэВ - (Н.Р.)).

Создание требуемого вакуума производилось турбомолекулярным насосом; создавали вакуум от 10⁻⁵ до 10⁻⁷ мм рт. ст.

После обработки часть деталей подвергали постимплантационному отжигу в одном вакуумном объеме установки за один технологический цикл.

Ионную имплантацию проводили как в импульсном, так и непрерывном режимах. В качестве деталей из легированных сталей используют детали роliko-винтовой или шарико-винтовой передачи.

На обрабатываемую поверхность части деталей наносили следующие слои:

- слой из механической смеси нанопорошка оксида кремния 30%-50% (25% - (Н.Р.); 30% - (У.Р.); 40% - (У.Р.); 50% - (У.Р.); 60% - (Н.Р.)) с кремнийорганической жидкостью (остальное); слой из механической смеси нанопорошка оксида кремния 30%-50% (25% - (Н.Р.); 30% - (У.Р.); 40% - (У.Р.); 50% - (У.Р.); 60% - (Н.Р.)) в смеси минеральных или нефтяных масел с добавками кальциевого мыла нафтеновых кислот и кислот окисленного петролатума; слой нанокompозитного состава, содержащего оксид кремния SiO₂, растворенный в литоле. Затем слои облучают электромагнитным полем 2÷6 МГц (1 МГц - (Н.Р.); 2 МГц - (У.Р.); 4 МГц - (У.Р.); 6 МГц - (У.Р.); 8 МГц - (Н.Р.)) в течение от 10 до 20 с (5 с - (Н.Р.); 10 с - (У.Р.); 20 с - (У.Р.); 30 с - (Н.Р.)), нагревая поверхность обрабатываемой детали до температуры от 680 до 860°C (660°C - (Н.Р.); 680°C - (У.Р.); 740°C - (У.Р.); 800°C - (У.Р.); 860°C - (У.Р.); 880°C - (Н.Р.)) и проводили электромеханическую имплантацию поверхностного слоя положительными ионами тяжелых металлов (кобальт, медь, молибден, никель, олово, свинец), пропуская постоянный электрический ток через контакт «деталь - имплантируемый упрочняющий металл». На поверхности обрабатываемой детали создавали поверхностный слой толщиной 0,1-1,0 мкм (0,05 мкм-(Н.Р.); 0,1 мкм - (У.Р.); 0,3 мкм - (У.Р.); 0,7 мкм - (У.Р.);

1,0 мкм - (У.Р.); 1,2 мкм - (Н.Р.)) путем электромеханической имплантации одного из следующих сплавов: баббита, бронзы, латуни или меди при силе тока от 4-12 А (3 А - (Н.Р.); 4 А - (У.Р.); 6 А - (У.Р.); 8 А - (У.Р.); 12 А - (У.Р.); 14 А - (Н.Р.);), при времени пропускания тока $t=30-60$ с (20 с - (Н.Р.); 30 с - (У.Р.); 40 с - (У.Р.); 60 с - (У.Р.); 80 с - (Н.Р.)).

Трибологические испытания образцов показали, что износостойкость резьбовых поверхностей по сравнению с образцами, обработанными по способу-прототипу, повысилась в 12-16 раз при снижении коэффициента трения в 1,4-1,8 раза.

Таким образом, проведенные сравнительные испытания показали, что применение в способе получения упрочненного слоя на резьбовой поверхности детали из легированных сталей, включающем следующие признаки: формирование геометрии резьбы резьбообразующим инструментом; обработку резьбы воздействием электрического тока; обработку воздействием электрического тока проводят электролитно-плазменным методом: погружают деталь в электролит, используя в качестве электролита 3-8% водный раствор сульфат аммония, формируют вокруг обрабатываемой поверхности детали парогазовую оболочку и зажигают электрический разряд между обрабатываемой деталью и электролитом путем подачи на обрабатываемую деталь электрического потенциала; обеспечивают режим электролитно-плазменного полирования резьбовой поверхности: напряжение 260-310 В, температура электролита 70-85°C, ток 0,20-0,55 А/см²; после электролитно-плазменной обработки резьбовой поверхности, детали помещают в вакуумную камеру установки для ионно-имплантационной обработки; проводят ионную очистку ионами аргона при энергии от 6 до 8 кэВ, плотности тока от 100 до 120 мкА/см² в течение от 0,2 до 0,8 ч и ионно-имплантационную обработку поверхности детали ионами иттербия или азота при энергии от 20 до 35 кэВ; при этом возможны следующие варианты способа: создание требуемого вакуума производится турбомолекулярным насосом; создают вакуум от 10⁻⁵ до 10⁻⁷ мм рт. ст.; ионную имплантацию проводят или в импульсном, или в непрерывном режиме; после ионно-имплантационной обработки проводят постимплантационный отжиг; в качестве деталей из легированных сталей используют детали ролико-винтовой или шарико-винтовой передачи, позволяет повысить, по сравнению с прототипом, износостойкость и антифрикционные свойства, что подтверждает заявленный технический результат предлагаемого изобретения - повышение эксплуатационных характеристик (износостойкости и антифрикционных свойств) резьбовых поверхностей ответственных деталей из легированных сталей за счет обеспечения применения электролитно-плазменной и ионно-имплантационной обработки поверхности деталей.

Формула изобретения

1. Способ получения упрочненного слоя на резьбовой поверхности детали из легированных сталей, включающий формирование геометрии резьбы резьбообразующим инструментом, ее обработку воздействием электрического тока, отличающийся тем, что обработку воздействием электрического тока проводят электролитно-плазменным методом, причем погружают деталь в электролит, в качестве которого используют 3-8% водный раствор сульфата аммония, формируют вокруг обрабатываемой поверхности детали парогазовую оболочку и зажигают электрический разряд между обрабатываемой деталью и электролитом путем подачи на обрабатываемую деталь электрического потенциала, при этом обеспечивают режим электролитно-плазменного полирования

резьбовой поверхности при напряжении 260-310 В, температуре электролита 70-85°C и токе 0,20-0,55 А/см², а после электролитно-плазменной обработки резьбовой поверхности детали помещают в вакуумную камеру установки для ионно-имплантационной обработки, проводят ионную очистку ионами аргона при энергии от 6 до 8 кэВ, плотности тока от 100 до 120 мкА/см² в течение от 0,2 до 0,8 ч и ионно-имплантационную обработку поверхности детали ионами иттербия или азота при энергии от 20 до 35 кэВ.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что создание требуемого вакуума производят турбомолекулярным насосом.

3. Способ по п.2, отличающийся тем, что создают вакуум от 10⁻⁵ до 10⁻⁷ мм рт.ст.

4. Способ по любому из пп.1-3, отличающийся тем, что ионную имплантацию проводят в импульсном режиме.

5. Способ по любому из пп.1-3, отличающийся тем, что ионную имплантацию проводят в непрерывном режиме.

6. Способ по любому из пп.1-3, отличающийся тем, что после ионно-имплантационной обработки проводят постимплантационный отжиг.

7. Способ по п.4, отличающийся тем, что после ионно-имплантационной обработки проводят постимплантационный отжиг.

8. Способ по п.5, отличающийся тем, что после ионно-имплантационной обработки проводят постимплантационный отжиг.

9. Способ по любому из пп.1-3, 7-8, отличающийся тем, что в качестве деталей из легированных сталей используют детали ролико-винтовой или шарико-винтовой передачи.

10. Способ по п.4, отличающийся тем, что в качестве деталей из легированных сталей используют детали ролико-винтовой или шарико-винтовой передачи.

11. Способ по п.5, отличающийся тем, что в качестве деталей из легированных сталей используют детали ролико-винтовой или шарико-винтовой передачи.

12. Способ по п.6, отличающийся тем, что в качестве деталей из легированных сталей используют детали ролико-винтовой или шарико-винтовой передачи.

35

40

45