



(51) МПК

*C23C 8/02* (2006.01)*C23C 10/02* (2006.01)*C23C 8/36* (2006.01)*C23C 14/48* (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2014105593/02, 14.02.2014

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
14.02.2014

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 14.02.2014

(45) Опубликовано: 10.08.2015 Бюл. № 22

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2070607 C1, 20.12.1996; . RU 2264480 C2, 20.11.2005. JP 192960 A, 28.07.1998. WO 1999020086 A2, 22.04.1999. Бабад-Захряпин А.А. и др., Химико-термическая обработка в тлеющем разряде, М., Атомиздат, 1975, с.66-71

Адрес для переписки:

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

(72) Автор(ы):

Криони Николай Константинович (RU),  
Мингажев Аскар Джамилевич (RU),  
Давлеткулов Раис Калимуллович (RU),  
Мингажева Алиса Аскаровна (RU),  
Измайлова Наиля Федоровна (RU),  
Бахтиярова Евгения Вадимовна (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Криони Николай Константинович (RU),  
Мингажев Аскар Джамилевич (RU),  
Давлеткулов Раис Калимуллович (RU)

## (54) СПОСОБ ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ ИЗ ЛЕГИРОВАННОЙ СТАЛИ

(57) Реферат:

Изобретение относится к металлургии, в частности к способам химико-термической обработки металлов и сплавов, и может быть использовано в машиностроении для поверхностного упрочнения деталей машин, в том числе деталей, работающих в парах трения, а также режущего инструмента и штамповой оснастки. Способ химико-термической обработки детали из легированной стали включает размещение детали в рабочей камере, активирование поверхности детали перед химико-термической обработкой, подачу в камеру рабочей насыщающей среды, нагрев детали до температуры химико-термической обработки и выдержку при этой температуре до формирования необходимой толщины диффузионного слоя. Активирование поверхности детали перед химико-термической обработкой проводят с

помощью ионно-имплантационной обработки поверхности детали при энергии ионов от 25 до 30 кэВ, дозе облучения от  $1,6 \cdot 10^{17}$  см<sup>-2</sup> до  $2 \cdot 10^{17}$  см<sup>-2</sup>, скорости набора дозы облучения от  $0,7 \cdot 10^{15}$  с<sup>-1</sup> до  $1 \cdot 10^{15}$  с<sup>-1</sup> и при использовании в качестве имплантируемых ионов следующих элементов: С, N или их комбинации. В частных случаях осуществления изобретения химико-термическую обработку детали проводят ионно-плазменным методом. В качестве ионно-плазменного метода используют ионно-плазменное азотирование, или ионно-плазменную цементацию, или ионно-плазменную нитроцементацию. Обеспечивается повышение производительности и качества процесса химико-термической обработки, а также повышение износостойкости деталей после нее. 2 з.п. ф-лы, 1 пр.



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.

*C23C 8/02* (2006.01)*C23C 10/02* (2006.01)*C23C 8/36* (2006.01)*C23C 14/48* (2006.01)(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2014105593/02, 14.02.2014

(24) Effective date for property rights:  
14.02.2014

Priority:

(22) Date of filing: 14.02.2014

(45) Date of publication: 10.08.2015 Bull. № 22

Mail address:

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

(72) Inventor(s):

**Krioni Nikolaj Konstantinovich (RU),  
Mingazhev Askar Dzhamilovich (RU),  
Davletkulov Rais Kalimullovich (RU),  
Mingazheva Alisa Askarovna (RU),  
Izmajlova Nailja Fedorovna (RU),  
Bakhtiarova Evgenija Vadimovna (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Krioni Nikolaj Konstantinovich (RU),  
Mingazhev Askar Dzhamilovich (RU),  
Davletkulov Rais Kalimullovich (RU)**

(54) **METHOD OF CHEMICAL HEAT TREATMENT OF PART FROM ALLOYED STEEL**

(57) Abstract:

FIELD: metallurgy.

SUBSTANCE: invention relates to metallurgy, in particular to methods of the chemical heat treatment of metals and alloys, and can be used in mechanical engineering for surface hardening of parts of machines, including the parts used in friction pairs, and also in cutting tools and die tooling. The method of the chemical heat treatment of a part from alloyed steel includes the placement of the part into the working chamber, activation of the part surface before chemical heat treatment, supply into the chamber of a working saturating medium, heating of the part to the temperature of chemical heat treatment and conditioning at this temperature until the formation of the required thickness of the diffusive layer. Activation of part surface before chemical heat treatment is performed by

means of ion-implanted processing of the surface of the part at the energy of ions from 25 to 30 keV, radiation dose from  $1.6 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-2}$  to  $2 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-2}$ , radiation dose set speeds from  $0.7 \cdot 10^{15} \text{ s}^{-1}$  up to  $1 \cdot 10^{15} \text{ s}^{-1}$  and when using as implanted ions of the following elements: C, N or their combinations. In special cases of the invention implementation the chemical heat treatment of the part is performed by a ion-plasma method. The ion-plasma method is the ion-plasma nitriding, either ion-plasma cementation, or ion-plasma nitro-cementation.

EFFECT: increase of productivity and improvement of the quality of the process of chemical heat treatment, and also increase of the wear resistance of the parts after it.

3 cl, 1 ex

Изобретение относится к металлургии, в частности к способам химико-термической обработки деталей из легированных сталей, и может быть использовано в машиностроении для поверхностного упрочнения деталей машин, в том числе деталей, работающих в парах трения, режущего инструмента и штамповой оснастки.

5 Одними из ответственных деталей газотурбинных двигателей и установок являются зубчатые колеса, эксплуатация которых проходит в условиях воздействия высоких температур и значительных силовых нагрузок. Для повышения стойкости поверхностного слоя материала указанных деталей используют химико-термическую обработку (ХТО), в частности азотирование и нитроцементацию.

10 Широко известны процессы упрочнения поверхности деталей методами ХТО. Известен, например способ химико-термической обработки стальных изделий, включающий диффузионное насыщение элементами внедрения и замещения и последующий нагрев поверхности изделия (А.С. СССР №1515772, МПК С23С 8/00. СПОСОБ ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ СТАЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ. Бюл. №36, 2013 г.).

15 Известен способ ХТО деталей, заключающий в высокотемпературном азотировании, закалке с последующим отпуском [Лахтин Ю.М., Коган Я.Д. Азотирование стали. М.: Машиностроение, 1976, с. 99-102]. В результате обработки получают высокоазотистый слой небольшой толщины. Такой слой хорошо противостоит коррозии в атмосфере, но плохо работает при высоких изгибных, контактных напряжениях и в условиях повышенного износа.

20 Известны также ионно-плазменные методы химико-термической обработки, например, методы ионного азотирования в плазме тлеющего разряда постоянного или пульсирующего тока, которые включают в себя две стадии - очистку поверхности катодным распылением и собственно насыщение поверхности металла азотом [Теория и технология азотирования / Лохтин Ю.М., Коган Л.Д. и др. // М., Металлургия, 1990, с. 89].

25 Известен также способ химико-термической обработки металлов и сплавов, при котором на стадии очистки изделий тлеющий разряд периодически переводят в импульсную электрическую дугу. Это позволяет интенсифицировать процесс за счет быстрого разогрева обрабатываемой поверхности в первые минуты до более высоких температур, чем температура процесса азотирования (А.С. СССР 1534092, МПК С23С 8/36, опубл. 07.01.90; BG 43787. МПК С23С 8/36. METHOD FOR CHEMICO-THERMIC TREATMENT IN GLOWING DISCHARGE OF GEAR TRANSMISSIONS. 1988).

30 Наиболее близким техническим решением, выбранным в качестве прототипа, является способ химико-термической обработки детали из легированной стали, включающий размещение детали в рабочей камере установки, активирование поверхности детали перед химико-термической обработкой, подачу в камеру рабочей насыщающей среды, нагрев детали до температур химико-термической обработки и выдержку при этих температурах до формирования необходимой толщины диффузионного слоя (А.С. СССР №1574679, МПК С23С 8/36, опубл. 30.06.90; патент РФ №2144095, МПК С23С 8/38, опубл. 10.01.2000).

35 Недостатками известных способов и прототипа являются невысокая износостойкость поверхности из-за неоднородности диффузионного слоя и образования в диффузионном слое хрупких фаз, а также низкая производительность насыщения поверхностного слоя материала детали в процессе ХТО. ХТО с использованием известных способов приводит к следующим негативным явлениям: существует высокая вероятность образования неравномерного слоя с уменьшенной концентрацией насыщаемого вещества,

неоднородной и пониженной твердостью материала поверхностного слоя, возникновением дефектных участков. Для удаления дефектных участков поверхностного слоя после ХТО проводится шлифование, однако при удалении обедненного дефектного слоя часто образуются прижоги и ряд других характерных дефектов поверхностного слоя и в результате к снижению износостойкости деталей.

Задачей предлагаемого изобретения является интенсификация процесса и повышение качества химико-термической обработки деталей за счет активации и обеспечения однородного состояния материала поверхностного слоя детали в процессе ХТО и, как следствие, повышение износостойкости деталей.

Техническим результатом заявляемого изобретения является повышение производительности и качества процесса ХТО, а также повышение износостойкости деталей после ХТО.

Технический результат достигается тем, что в способе химико-термической обработки детали из легированной стали, включающем размещение детали в рабочей камере, активирование поверхности детали перед химико-термической обработкой, подачу в камеру рабочей насыщающей среды, нагрев детали до температуры химико-термической обработки и выдержку при этой температуре до формирования необходимой толщины диффузионного слоя, в отличие от прототипа активирование поверхности детали перед химико-термической обработкой проводят с помощью ионно-имплантационной обработки поверхности детали при энергии ионов от 25 до 30 кэВ, дозе облучения от  $1,6 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-2}$  до  $2 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-2}$ , скорости набора дозы облучения от  $0,7 \cdot 10^{15} \text{ с}^{-1}$  до  $1 \cdot 10^{15} \text{ с}^{-1}$ , и при использовании в качестве имплантируемых ионов следующих элементов: С, N, или их комбинации. Кроме того, возможно использование в способе следующих дополнительных приемов: химико-термическую обработку детали проводят ионно-плазменным методом; в качестве ионно-плазменного метода используют ионно-плазменное азотирование, или ионно-плазменную цементацию, или ионно-плазменную нитроцементацию.

Повышение требований к качеству обработки деталей машин послужило поводом для совершенствования методов насыщения поверхности легирующими элементами и привело к созданию ряда новых способов обработки, таких как ионное азотирование [Теория и технология азотирования / Лохтин Ю.М., Коган Л.Д. и др. // М., Металлургия, 1990, с. 89] и ионная имплантация [например, патент РФ №2496910. МПК С23С 14/02. СПОСОБ ИОННО-ИМПЛАНТАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ ЛОПАТОК КОМПРЕССОРА ИЗ ВЫСОКОЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ И СПЛАВОВ НА НИКЕЛЕВОЙ ОСНОВЕ. Бюл №30, 2013]. Ионная имплантация позволяет производить насыщение поверхностного слоя деталей практически любыми легирующим и элементами, а детали, упрочненные методом ионной имплантации, имеют гораздо более высокие эксплуатационные свойства, чем детали, подвергнутые обычной или ионной химико-термической обработке [Модифицирование и легирование поверхности лазерными, ионными и электронными пучками / Под ред. Д.М. Поута, Г. Фоти, Д.К. Джекобсона. М.: Мир, 1987, 424 с.; Модифицирование и легирование поверхности лазерными, ионными и электронными пучками. / под ред. Дж. М. Поута. М.: Машиностроение, 1987. - 424 с.]. При этом основными недостатками ионно-имплантационной обработки являются дороговизна метода и незначительная глубина проникновения легированных элементов в поверхностный слой материала.

Для оценки эксплуатационных свойств деталей, обработанных по предлагаемому способу, были проведены следующие испытания. Образцы из высоколегированных сталей (в частности, стали 16ХЗНВФМБ, Р6М5, Х12М 38ХМЮА, 35ХМЮА,

30ХТ2Н3Ю) были подвергнуты обработке как по способам-прототипам (А.С. СССР №1574679, патент РФ №2144095), согласно приведенным в способе-прототипе условиям и режимам обработки, так и по вариантам предлагаемого способа.

Режимы обработки образцов по предлагаемому способу

5 Ионная имплантация при обработке деталей из легированных сталей перед ХТО проводилась по следующим режимам: имплантируемые ионы С, N или их комбинация; доза -  $1,2 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-2}$  - неудовлетворительный результат (Н.Р.);  $1,6 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-2}$  - удовлетворительный результат (У.Р.);  $2 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-2}$  (У.Р.);  $3 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-2}$  (Н.Р.); скорость набора дозы облучения -  $0,4 \cdot 10^{15} \text{ с}^{-1}$  (Н.Р.);  $0,7 \cdot 10^{15} \text{ с}^{-1}$  (У.Р.);  $1 \cdot 10^{15} \text{ с}^{-1}$  (У.Р.);  $3 \cdot 10^{15} \text{ с}^{-1}$  (Н.Р.), энергия: 20 кэВ (Н.Р.); 25 кэВ (У.Р.); 30 кэВ (У.Р.); 35 кэВ (Н.Р.).

15 Химико-термическую обработку деталей проводили газовым и ионно-плазменным методами (отличие предлагаемого способа от существующих состояло в предварительной активации поверхности ионно-имплантационной обработкой). В качестве одного из методов ХТО применяли ионно-плазменное азотирование, ионно-плазменную цементацию и ионно-плазменную нитроцементацию.

20 Испытания показали на повышение износостойкости образцов по сравнению с прототипом в 1,4...1,8 раза (т.е. в результате использования активирования поверхности перед ХТО). Скорость обработки за счет увеличения скорости диффузии при ХТО возросла приблизительно в 1,2...1,7 раза. Исследование образцов показало на повышение однородности структуры диффузионной зоны материалов.

30 Таким образом, проведенные сравнительные испытания показали, что применение в способе химико-термической обработки детали из легированной стали следующих существенных признаков: размещение детали в рабочей камере; активирование поверхности детали перед химико-термической обработкой; подачу в камеру рабочей насыщающей среды; нагрев детали до температуры химико-термической обработки и выдержку при этой температуре до формирования необходимой толщины диффузионного слоя; проведение активирования поверхности детали перед химико-термической обработкой с помощью ионно-имплантационной обработки поверхности детали при энергии ионов от 25 до 30 кэВ, дозе облучения от  $1,6 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-2}$  до  $2 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-2}$ , скорости набора дозы облучения от  $0,7 \cdot 10^{15} \text{ с}^{-1}$  до  $1 \cdot 10^{15} \text{ с}^{-1}$  и при использовании в качестве имплантируемых ионов следующих элементов: С, N или их комбинации, а также при использовании дополнительных приемов: химико-термическую обработку детали проводят ионно-плазменным методом; в качестве ионно-плазменного метода используют ионно-плазменное азотирование, или ионно-плазменную цементацию, или ионно-плазменную нитроцементацию, позволяет обеспечить заявленный технический результат предлагаемого изобретения - повышение производительности и качества процесса ХТО, а также повышение износостойкости деталей после ХТО.

40

#### Формула изобретения

1. Способ химико-термической обработки детали из легированной стали, включающий размещение детали в рабочей камере, активирование поверхности детали перед химико-термической обработкой, подачу в камеру рабочей насыщающей среды, нагрев детали до температуры химико-термической обработки и выдержку при этой температуре до формирования необходимой толщины диффузионного слоя, отличающийся тем, что активирование поверхности детали перед химико-термической обработкой проводят с помощью ионно-имплантационной обработки поверхности детали при энергии ионов

от 25 до 30 кэВ, дозе облучения от  $1,6 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-2}$  до  $2 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-2}$ , скорости набора дозы облучения от  $0,7 \cdot 10^{15} \text{ с}^{-1}$  до  $1 \cdot 10^{15} \text{ с}^{-1}$  и при использовании в качестве имплантируемых ионов следующих элементов: С, N или их комбинации.

5 2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что химико-термическую обработку детали проводят ионно-плазменным методом.

3. Способ по п. 2, отличающийся тем, что в качестве ионно-плазменного метода используют ионно-плазменное азотирование, или ионно-плазменную цементацию, или ионно-плазменную нитроцементацию.

10

15

20

25

30

35

40

45