



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2013118075/02, 19.04.2013

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
19.04.2013

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 19.04.2013

(45) Опубликовано: 10.11.2014 Бюл. № 31

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: US 20120111454 A1, 10.05.2012. RU 2052536 C1, 20.01.1996. US 7112248 B2, 26.09.2006. US 6776854 B2, 17.08.2004. Семенова Л.М. и др. Закономерности формирования диффузионных слоев и решение диффузионной задачи при термоциклической нитроцементации, *Металловедение и термическая обработка металлов*, N1, 2013, с.34-38

Адрес для переписки:

105005, Москва, 2-я Бауманская ул., 5, стр. 1,
МГТУ им. Н.Э. Баумана, ЦЗИС, для
Ступникова В.В., (НОЦ НМКН)

(72) Автор(ы):

Герасимов Сергей Алексеевич (RU),
Фахуртдинов Равел Садртдинович (RU),
Куксенова Лидия Ивановна (RU),
Лаптева Валерия Григорьевна (RU),
Поляков Сергей Андреевич (RU),
Алексеева Мария Сергеевна (RU),
Смирнов Андрей Евгеньевич (RU),
Громов Валерий Игоревич (RU),
Ступников Вадим Владимирович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования
"Московский государственный технический
университет имени Н.Э. Баумана" (МГТУ
им. Н.Э. Баумана) (RU)

(54) СПОСОБ КОМБИНИРОВАННОЙ ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН ИЗ ТЕПЛОСТОЙКИХ СТАЛЕЙ

(57) Реферат:

Изобретение относится к машиностроению, в частности к способу комбинированной химико-термической обработки деталей машин. Способ комбинированной химико-термической обработки деталей машин из теплостойких сталей включает циклическую цементацию деталей и закалку. Перед циклической цементацией проводят предварительную термообработку и механообработку, включающие нормализацию при температуре 950°C, высокий отпуск при температуре 670°C, закалку от температуры 1010°C, высокий отпуск при температуре не менее 570°C и пластическую деформацию методом осадки при температуре не менее 700°C со степенью деформации 50...80%. Циклическую цементацию проводят с чередованием циклов насыщения и диффузионной выдержки, при этом

осуществляют не менее 12 циклов продолжительностью не менее 30 минут. Количество циклов зависит от необходимой толщины диффузионного слоя, а соотношение времен насыщения и выдержки составляет от 0,1 до 0,2. После упомянутой цементации проводят высокий отпуск, закалку в масло, обработку холодом при температуре -70°C и трехкратный отпуск при 510°C. Затем осуществляют ионно-плазменное азотирование в диапазоне температур 480...500°C в течение не менее 10 часов при следующих параметрах: напряжение на катоде при катодном распылении - 900 В, в режиме насыщения - 400 В, плотность тока 0,20...0,23 мА/см², состав газовой среды - азотоводородная смесь с 95% азота и 5% водорода, расход газовой

смеси до 10 дм³/ч, давление в камере при катодном распылении - 13,3 гПа, при насыщении - 5...8 гПа. Обеспечивается повышение износостойкости приповерхностных слоев

теплостойкой стали, формирующихся в результате цементации и азотирования, и увеличение долговечности узлов трения скольжения из материала с таким составом приповерхностного слоя. 1 пр.

R U 2 5 3 2 7 7 7 C 1

R U 2 5 3 2 7 7 7 C 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
C23C 8/38 (2006.01)
C23C 14/06 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**(21)(22) Application: **2013118075/02, 19.04.2013**(24) Effective date for property rights:
19.04.2013

Priority:

(22) Date of filing: **19.04.2013**(45) Date of publication: **10.11.2014** Bull. № 31

Mail address:

105005, Moskva, 2-ja Baumanskaja ul., 5, str. 1,
MGTU im. N.Eh. Baumana, TsZIS, dlja Stupnikova
V.V., (NOTs NMKN)

(72) Inventor(s):

**Gerasimov Sergej Alekseevich (RU),
Fakhurtdinov Ravel Sadrtidinovich (RU),
Kuksenova Lidija Ivanovna (RU),
Lapteva Valerija Grigor'evna (RU),
Poljakov Sergej Andreevich (RU),
Alekseeva Marija Sergeevna (RU),
Smirnov Andrej Evgen'evich (RU),
Gromov Valerij Igorevich (RU),
Stupnikov Vadim Vladimirovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**federal'noe gosudarstvennoe bjudzhetnoe
obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego
professional'nogo obrazovanija "Moskovskij
gosudarstvennyj tekhnicheskij universitet imeni
N.Eh. Baumana" (MGTU im. N.Eh. Baumana)
(RU)**

(54) **COMBINED CHEMICAL-THERMAL TREATMENT OF MACHINE PARTS OF HEAT-RESISTANT STEELS**

(57) Abstract:

FIELD: process engineering.

SUBSTANCE: invention relates to machine building, particularly, to combined chemical and thermal processing of machine parts. Proposed process comprises cyclic cementation of parts and their quenching. Before cyclic cementation preliminary heat treatment and mechanical processing are executed including normalisation at 950°C, high tempering at 670°C, quenching from 1010°C, high tempering at not less than 570°C and plastic upsetting at, at least 700°C at deformation degree of 50...80%. Cyclic cementation is performed with alternation of saturation and diffusion curing, at least 12 cycles of 30 minutes duration. The number of cycles depends on required depth of diffusion ply while saturation-to-curing interval ratio makes 0.1

to 0.2. After said cementation, conducted are high tempering, quenching in oil, cold processing at -70°C and threefold tempering at 510°C. The, ion-plasma nitration is performed in temperature rage of 480...500°C for at least 10 hours at the following parameters: cathode voltage at cathode spraying of 900 V, in saturation mode - 400 V, current density of 0.20...0.23 mA/cm², has medium composition - nitrogen-hydrogen mix with 95% of nitrogen and 5% of hydrogen, gas mix flow rate of up to 10 dm³/h, chamber pressure at cathode spraying - 13.3 gPa, at saturation - 5...8 gPa.

EFFECT: higher surface ply wear resistance, longer life.

1 ex

RU 2 532 777 C1

RU 2 532 777 C1

Область техники

Изобретение относится к машиностроению, в частности к способу комбинированной химико-термической обработки (ХТО) деталей машин, используемого для повышения износостойкости деталей узлов трения скольжения, изготовленных из теплостойких сталей.

Уровень техники

Известны способы химико-термической обработки, позволяющие повысить износостойкость стальных деталей и содержащие операции комбинированной химико-термической обработки, включающей цементацию и азотирование. Так, техническое решение «Вакуумный способ карбонитрирования», содержащееся в патенте США №7112248 (МПК С23С 8/30; С23С 8/32; С23С 8/34, опубл. 2006-09-26), предполагает проведение комбинированной обработки с нагревом в вакууме до температуры выше температуры аустенизации (А3), подачу углеродосодержащего газа с выдержкой в этой атмосфере, последующей выдержке в вакууме при той же температуре, снижением температуры ниже уровня А3 и последующее азотирование при этой температуре.

Данный способ позволяет повысить износостойкость, однако для высоких показателей в эксплуатации желательно снизить хрупкость приповерхностных слоев стали, возникающую в результате пересыщения диффузионной зоны углеродом и азотом и возникновения в результате этого больших внутренних напряжений.

Известен также способ химико-термической обработки «Производство из обычного стального сплава компонентов шестерней и/или валов с исключительно высокой прочностью», изложенный в патенте США №7384488 (МПК С21D 1/06; С21D 1/76; С21D 7/06; С21D 9/28; С21D 9/32; С22С 38/00; С22С 38/18; С22С 38/44; С23С 8/32; С23С 8/34; С23С 8/56; С23С 8/76; С23С 8/80, опубл. 2008-06-10), который является близким техническим решением к предлагаемому. Основными признаками данного способа являются следующие технологические операции: нагрев детали в вакууме до температуры 915°С, подача углеродосодержащего газа и выдержка в этих условиях, включая диффузионный период, снижение температуры до 850°С и подача азотосодержащего газа (NH₃) и выдержка в этих условиях, закалка на масло (120°С) и низкотемпературный отпуск (180°С).

Важным преимуществом данного способа является наличие отпуска на завершающей стадии обработки, что позволяет снять значительную часть внутренних напряжений.

Однако в процессе диффузионного насыщения поверхностных слоев углеродом и азотом в данном варианте использованы далеко не все возможности для повышения концентрации этих элементов, что является основным недостатком данного способа.

Повышение уровня насыщения диффузионной зоны может быть достигнуто рядом дополнительных приемов.

Одним из таких приемов является циклическая обработка, когда этапы насыщения поверхностных слоев реакционным газом (в данном случае углеродом) и этапы выдержки чередуются с периодической последовательностью.

Преимущества термоциклической обработки выявлены, например, в техническом решении, содержащемся в статье «Закономерности формирования диффузионных слоев и решение диффузионной задачи при термоциклической нитроцементации стали» (журнал "Металловедение и термическая обработка металлов", №1, 2013, С. 34-38) (прототип). Использование термоциклирования позволяет существенно повысить твердость (и особенно микротвердость) поверхностных слоев стали.

Однако и в этом решении используются не все важные резервы повышения механических свойств, а именно резервы повышения износостойкости. В частности,

поскольку диффузия происходит, в основном, по границам зерен, для ускорения и повышения эффективности диффузии может быть использована пластическая деформация, позволяющая измельчить зерно и, таким образом, увеличить диффузионную проницаемость обрабатываемого материала. Кроме того, эффективность процесса химико-термической обработки существенно возрастает, если цементацию и азотирование разделяют во времени и проводят при соответствующих им специфических условиях, что отвечает понятию «комбинированная обработка». Такая комбинированная обработка возможна для теплостойких сталей, температура отпуска которых при Цементации превосходит температуру азотирования.

Наиболее близким аналогом предложенного изобретения является способ комбинированной химико-термической обработки деталей машин из теплостойких сталей, включающий циклическую цементацию деталей и закалку (US 20120111454 A1, МПК C23C 8/22, опубл. 10.05.2012, формула).

Однако, в данной патентной заявке не рассматривается в должной постановке и степени подробности задача существенного повышения износостойкости приповерхностных теплостойкой стали, формирующихся в результате цементации и азотирования, и соответствующее увеличение долговечности узлов трения скольжения из материала с таким составом приповерхностного слоя.

Раскрытие изобретения

Задача предлагаемого изобретения способа - существенное повышение износостойкости приповерхностных слоев материала, а именно - теплостойкой стали, формирующихся в результате цементации и азотирования, и соответствующее увеличение долговечности узлов трения скольжения из материала с таким составом приповерхностного слоя.

Для решения указанной задачи и достижения технического результата способ комбинированной химико-термической обработки деталей машин из теплостойких сталей включает циклическую цементацию деталей и закалку. При этом перед циклической цементацией проводят предварительные термообработку и механообработку, включающие нормализацию при температуре 950°C, высокий отпуск при температуре 670°C, закалку от температуры 1010°C, высокий отпуск при температуре не менее 570°C и пластическую деформацию методом осадки при температуре не менее 700°C со степенью деформации 50...80%. Циклическую цементацию проводят с чередованием циклов насыщения и диффузионной выдержки, при этом осуществляют не менее 12 циклов продолжительностью не менее 30 минут. Количество циклов зависит от необходимой толщины диффузионного слоя, а соотношение времен насыщения и выдержки составляет от 0,1 до 0,2. После упомянутой цементации проводят высокий отпуск, закалку в масло, обработку холодом при температуре -70°C и трехкратный отпуск при 510°C. Затем осуществляют ионно-плазменное азотирование в диапазоне температур 480...500°C в течение не менее 10 часов при следующих параметрах: напряжение на катоде при катодном распылении - 900 В, в режиме насыщения - 400 В; плотность тока 0,20...0,23 мА/см²; состав газовой среды - азото-водородная смесь с 95% азота и 5% водорода; расход газовой смеси до 10 дм³/ч; давление в камере при катодном распылении - 13,3 гПа, при насыщении - 5...8 гПа.

Осуществление изобретения

Комбинированную химико-термическую обработку деталей машин проводят в соответствии с изложенной в разделе «Раскрытие изобретения» последовательностью и параметрами режимов технологических операций.

Важно подчеркнуть, что предварительные операции позволяют активировать

материал детали и повысить его диффузионную проницаемость, что, в особенности, относится к операциям отпуска и деформации.

Необходимую толщину диффузионного слоя достигают на стадии цементации, благодаря циклической обработке и измельчению зерна в результате пластической деформации на предварительной стадии обработки. Ионно-плазменное азотирование имеет возможность регулирования своих параметров технологического процесса для оптимизации механических свойств приповерхностного слоя, отвечающего за износостойкость детали.

Пример реализации способа.

Для теплостойких сталей (например, из класса стали ВКС-10) оптимальные конкретные величины и диапазоны величин параметров технологических операций получены следующие:

на этапе предварительной подготовки к химико-термической обработке: нормализация при температуре 950°C, высокий отпуск при температуре 670°C, закалка от температуры 1010°C, высокий отпуск при температуре не менее 570°C, пластическая деформация методом осадки при температуре не менее 700°C и со степенью деформации 50...80%.

Установлено, что на стадии цементации число циклов насыщения и диффузионной выдержки должно составлять не менее 12, каждый цикл по продолжительности должен составлять не менее 30 минут, а соотношение времен насыщения и выдержки - от 0,1 до 0,2.

После цементации детали обрабатывают термически, проводя высокий отпуск, закалку на масло, обработку холодом при температуре (-70°C) и трехкратный отпуск при 510°C.

Окончательный этап комбинированной химико-термической обработки завершают стадией ионно-плазменного азотирования в диапазоне температур 480...500°C при следующих параметрах: напряжение на катоде при катодном распылении - 900 В, в режиме насыщения - 400 В; плотность тока 0,20...0,23 мА/см²; состав газовой среды - азото-водородная смесь с 95% азота и 5% водорода; расход газовой смеси до 10 дм³/ч; давление в камере при катодном распылении - 13,3 гПа, при насыщении - 5...8 гПа, время обработки ионно-плазменным азотированием - не менее 10 часов.

Проведены длительные испытания при реверсивном трении скольжения со средней относительной скоростью скольжения $v=0,19$ м/с и давлением в контакте $p=10$ МПа пар трения скольжения деталей (например, из стали ВКС-10), обработанных различными способами, в том числе и предложенным. Испытания показали техническое преимущество использования предлагаемого способа - снижение интенсивности изнашивания деталей узлов трения скольжения до 50 раз по сравнению с необработанным состоянием поверхности детали. Интенсивность изнашивания I_h в необработанном состоянии составляет в среднем 10^{-9} , после вакуумной цементации $0,9 \cdot 10^{-10}$, после азотирования $0,3 \cdot 10^{-10}$, а после комбинированной обработки $0,2 \cdot 10^{-10}$.

Способ может быть использован в составе набора технологических операций при изготовлении деталей машин, испытывающих высокие контактные нагрузки, а также участвующих в трении скольжения и подверженных интенсивному изнашиванию.

При этом сочетание ряда признаков, а именно проведение предварительной термической обработки и пластической деформации, циклически повторяемой операции цементации с варьированием стадий насыщения и выдержки, а затем ионно-плазменное азотирование позволяют получить новый синергетический эффект, состоящий в

формировании диффузионной зоны повышенной толщины и твердости и многократном (до 50 раз) повышении износостойкости обрабатываемых деталей (по сравнению с их необработанным состоянием).

5 Способ может быть использован в составе набора технологических операций при изготовлении деталей машин, испытывающих высокие контактные нагрузки, а также участвующих в трении скольжения и подверженных интенсивному изнашиванию.

При этом сочетание ряда признаков, а именно проведение предварительной термической обработки и пластической деформации, циклически повторяемой операции цементации с варьированием стадий насыщения и выдержки, а затем ионно-плазменное азотирование позволяют получить новый синергетический эффект, состоящий в
10 формировании диффузионной зоны повышенной толщины и твердости и многократном (до 50 раз) повышении износостойкости обрабатываемых деталей (по сравнению с их необработанным состоянием).

15 Формула изобретения

Способ комбинированной химико-термической обработки деталей машин из теплостойких сталей, включающий циклическую цементацию деталей и закалку, отличающийся тем, что перед циклической цементацией проводят предварительные термообработку и механообработку, включающие нормализацию при температуре
20 950 °С, высокий отпуск при температуре 670 °С, закалку от температуры 1010 °С, высокий отпуск при температуре не менее 570 °С и пластическую деформацию методом осадки при температуре не менее 700 °С со степенью деформации 50...80%, а циклическую цементацию проводят с чередованием циклов насыщения и диффузионной выдержки,
25 при этом осуществляют не менее 12 циклов продолжительностью не менее 30 минут, при этом количество циклов зависит от необходимой толщины диффузионного слоя, а соотношение времен насыщения и выдержки составляет от 0,1 до 0,2, после упомянутой цементации проводят высокий отпуск, закалку в масло, обработку холодом при температуре -70 °С и трехкратный отпуск при 510 °С, затем осуществляют ионно-
30 плазменное азотирование в диапазоне температур 480...500 °С в течение не менее 10 часов при следующих параметрах: напряжение на катоде при катодном распылении - 900 В, в режиме насыщения - 400 В, плотность тока 0,20...0,23 мА/см², состав газовой среды - азотоводородная смесь с 95% азота и 5% водорода, расход газовой смеси до
35 10 дм³/ч, давление в камере при катодном распылении - 13,3 гПа, при насыщении - 5...8 гПа.

40

45