

# ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ  
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 20597

(13) С1

(46) 2016.12.30

(51) МПК

*C 21D 9/40* (2006.01)

*F 16C 33/12* (2006.01)

(54)

## СПОСОБ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НАРУЖНОГО ИЛИ ВНУТРЕННЕГО КОЛЬЦА ПОДШИПНИКА КАЧЕНИЯ

(21) Номер заявки: а 20130568

(22) 2013.04.30

(43) 2014.12.30

(71) Заявитель: Белорусский национальный технический университет (ВУ)

(72) Авторы: Гурченко Павел Семенович; Ткаченко Глеб Александрович; Солонович Андрей Александрович; Дембовский Николай Николаевич (ВУ)

(73) Патентообладатель: Белорусский национальный технический университет (ВУ)

(56) БАШНИН Ю.А. и др. Технология термической обработки стали. Москва, Металлургия, 1986, с.321-323.

RU 2300575 С2, 2007.

ВУ 6559 U, 2010.

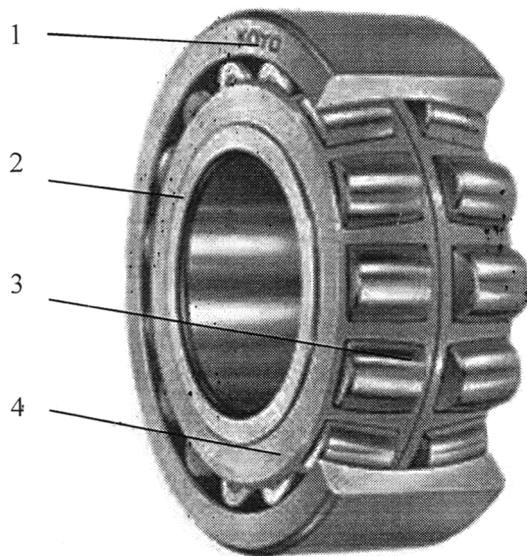
SU 2158320 С1, 2000.

SU 128482, 1960.

SU 1263721 А1, 1986.

(57)

Способ термической обработки выполненного из углеродистой стали с содержанием углерода от 0,57 до 1,1 мас. % наружного или внутреннего кольца подшипника качения, при котором интенсивно нагревают до 780-820 °С наружное или внутреннее кольцо, после чего осуществляют интенсивное охлаждение водяным душем поверхности качения наружного или внутреннего кольца до получения на указанной поверхности скрытоигольчатого мартенсита и твердости 62-68 HRC, а поверхность наружного или внутреннего кольца, противоположную поверхности качения, охлаждают менее интенсивным потоком закалочной жидкости до получения в сердцевине указанного кольца твердости 40-60 HRC.



Фиг. 1

# BY 20597 C1 2016.12.30

Изобретение относится к области термической обработки машиностроительных изделий и может быть использовано для упрочнения стальных деталей машин и механизмов, работающих в обычных условиях и в условиях повышенных динамических нагрузок.

Известен подшипник качения [1], состоящий из наружного и внутреннего колец, между которыми расположены тела качения, разделенные сепаратором, в котором одна или несколько деталей, кроме сепаратора, выполнены из легированной конструкционной стали марок ШХ15, или ШХ15СГ, или ШХ20СГ, прошедшей термообработку.

Элементы подшипника из легированной конструкционной стали после объемной термической обработки имеет следующие недостатки:

кольца и тела качения подшипника после закалки в масле и низкого отпуска имеют твердость 61-65 HRC и микроструктуру мелко либо скрытоигольчатого мартенсита с равномерно распределенными карбидами на поверхности качения и в сердцевине.

Такие твердость и микроструктура являются оптимальными для достижения высокой износостойкости поверхности качения, однако высокая твердость и мартенситная структура повышают хрупкость и при работе в условиях динамических и знакопеременных нагрузок возможно разрушение колец или тел качения.

Известен подшипник качения [2, стр. 323], состоящий из наружного и внутреннего колец, между которыми расположены тела качения, разделенные сепаратором, в котором одна или несколько деталей, кроме сепаратора, выполнены из легированной конструкционной цементуемой стали марок 15Г1, или 18ХГТ, или 20Х2Н4А, прошедшей термическую обработку.

Элементы подшипника из легированной конструкционной цементуемой стали, подвергнутые термической обработке, имеют ряд недостатков:

конструктивные элементы подшипника после длительной цементации и последующей закалки в масле и низкого отпуска имеют твердость 58-62 HRC, а в сердцевине формируется структура троостосорбита с твердостью 35-40 HRC. Такая структура сердцевины является оптимальной для тяжелых условий работы при динамических и знакопеременных нагрузках, однако низкая твердость (58-62 HRC) не обеспечивает высокой износостойкости поверхности качения;

технология изготовления и упрочнения колец и тел качения подшипника является энергоемкой и продолжительной, так как цементация длится в течение 200 ч;

кольца и тела качения после цементации охлаждают 550 °С и выдерживают в течение 12 ч, затем следует подогрев до 630 °С и выдержка в течение 12 ч. Две продолжительные выдержки требуются для уменьшения количества мягкой структурной составляющей аустенита в цементованном слое, сформированном на поверхности качения. Только после этого проводится закалка и низкий отпуск.

Наиболее близким к предложенному изобретению по технической сущности, является динамически нагруженный подшипник качения [2, стр. 321], состоящий из наружного и внутреннего колец, между которыми расположены тела качения, разделенные сепаратором, в котором одна или несколько деталей, кроме сепаратора, выполнены из легированной конструкционной стали регламентированной прокаливаемости марки ШХ4РП, упрочненной объемноповерхностной закалкой.

Прототип имеет следующие недостатки:

внутреннее и внешнее кольца, тела качения после объемноповерхностной закалки в масле и низкого отпуска имеют твердость 61-67 HRC на поверхности качения, а также в сердцевине.

Такая высокая твердость на поверхности качения обеспечивает высокую износостойкость, однако для сердцевины является нежелательной, так как повышается хрупкость и при работе в условиях динамических нагрузок возможно разрушение элементов подшипника.

# BY 20597 C1 2016.12.30

Кроме этого, сортовой прокат стали ШХ4РП имеет высокую стоимость, что при поставках сопряжено с предварительными согласованиями на каждую партию, сбоями и задержками в поставке.

Задачей, решаемой изобретением, является увеличение долговечности, устранение хрупкого разрушения, повышение твердости поверхности качения и сохранение вязкой сердцевины тел качения и колец подшипника, работающих в обычных условиях и условиях повышенных динамических нагрузок.

Технический результат достигается тем, что термической обработкой выполненного из углеродистой стали с содержанием углерода от 0,57 до 1,1 мас. %, наружного или внутреннего кольца подшипника качения, при которой интенсивно нагревают до 780-820 °С наружное или внутреннее кольцо, после чего осуществляют интенсивное охлаждение водяным душем поверхности качения наружного или внутреннего кольца до получения на указанной поверхности скрытоигольчатого мартенсита и твердости 62-68 HRC, а поверхность наружного или внутреннего кольца, противоположащую поверхности качения, охлаждают менее интенсивным потоком закалочной жидкости до получения в сердцевине указанного кольца твердости 40-60 HRC.

Сущность изобретения поясняется фигурами, где на фиг. 1 показан двухрядный подшипник качения в сборе. Поперечное сечение наружного кольца приведено на фиг. 2, а на фиг. 3 показано сечение внутреннего кольца из углеродистой стали. Распределение микротвердости по глубине закаленного слоя колец подшипника показано на фиг. 4, твердость по контуру поверхности качения описывается графиком, фиг. 5.

Способ термической обработки подшипника качения, фиг. 1, выполненного из углеродистой стали с содержанием углерода от 0,57 до 1,1 мас. % и примесей (Mn, Cr, Si), содержание которых не должно превышать указанных в таблице значений, состоящего из наружного 1 и внутреннего 2 колец, тел качения 3 и сепаратора 4. Это обусловлено тем, что более низкое содержание углерода (ниже 0,57 мас. %) не способно обеспечить стабильное значение твердости 62-68 HRC на поверхности качения, а более высокое (более 1,1 мас. %) приводит к появлению значительного количества карбидов, что снижает вязкость стали и способствует хрупкому разрушению в условиях динамических нагрузок.

Превышение процентного содержания примесей ( $Mn \leq 0,28 \%$ ,  $Si \leq 0,33 \%$ ,  $Cr \leq 0,15 \%$ ) изменяет прокаливаемость стали, что приводит к увеличению глубины закаленной зоны и формированию высокой твердости и хрупкости стального элемента подшипника.

## Химический состав сталей, применяемых для изготовления элементов подшипников

	C, %	Si, %	Mn, %	Cr, %	Ni, %	P, %	S, %	Cu, %
Сталь аналога и прототипа								
Сталь ШХ15	1,05	0,37	0,2-0,4	1,35-1,65	0,3	0,027	0,02	0,25
Сталь 20ХН3А	0,20	0,45	0,3-0,6	0,90	3,15	0,025	0,025	
Сталь ШХ4РП	1,05	0,3	0,15-0,30	0,5	0,3	0,027	0,02	0,25
Сталь по изобретению								
Сталь 60ПП	0,57-0,65	0,1-0,30	$\leq 0,20$	$\leq 0,15$	$\leq 0,15$	0,0057	0,0134	$\leq 0,25$
Сталь 80 ПП	0,75-0,84	0,1-0,30	$\leq 0,20$	$\leq 0,15$	$\leq 0,15$	0,004	0,011	$\leq 0,25$
Сталь У8А	0,75-0,84	0,17-0,33	0,30	$\leq 0,12$	$\leq 0,12$	$\leq 0,025$	$\leq 0,02$	$\leq 0,25$
Сталь У10А	0,95-1,09	0,17-0,33	0,30	$\leq 0,12$	$\leq 0,12$	$\leq 0,025$	$\leq 0,02$	$\leq 0,25$

Конструктивные элементы подшипника (кольца и тела качения), выполненные из углеродистой стали, имеют различную микроструктуру и твердость на поверхности качения 5 и в сердцевине 6, фиг. 2, 3. Данный результат достигается объемно-поверхностным упрочнением, которое заключается в индукционном нагреве под закалку (780-820 °С) с последующим интенсивным охлаждением водяным душем со стороны поверхности качения.

# ВУ 20597 С1 2016.12.30

Интенсивное охлаждение поверхности качения 5 колец подшипника позволяет получить закаленный слой с микроструктурой скрытоигольчатого мартенсита и с равномерной распределенной твердостью (62-68 HRC) по слою, фиг. 4, и по контуру поверхности качения 5, фиг. 5.

Формирование в сердцевине 6 кольца низкой твердости (40-60 HRC) и сохранение вязкости обеспечивается низкой прокаливаемостью стали и дополнительным охлаждением внешней стороны 7 кольца подшипника менее интенсивным потоком закалочной жидкости.

Таким образом, в результате экспериментальных исследований было установлено, что с использованием выбранного химического состава стали и объемно-поверхностного метода упрочнения конструктивных элементов подшипника предложенной конструкции обеспечено дифференцированное распределение твердости по сечению элемента подшипника. Наибольшая твердость достигнута на участках поверхности качения 5, испытывающих в процессе эксплуатации интенсивное изнашивание, высокие циклические и контактные нагрузки. В сердцевине 6 колец подшипников обеспечена пониженная твердость и вязкие микроструктуры, что исключает хрупкое разрушение при использовании подшипника в условиях динамических и знакопеременных нагрузок. Высокая твердость (58-61 HRC) и износостойкость формируются во время закалки на торцевой поверхности 8 колец подшипника.

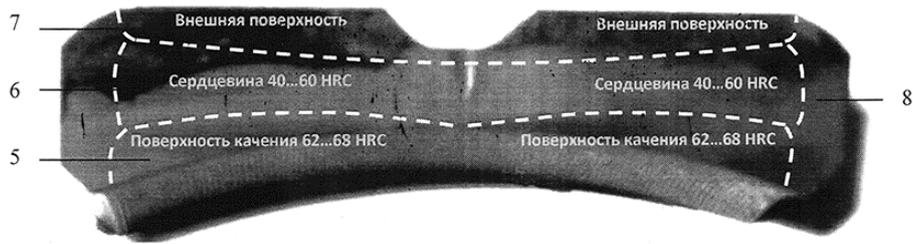
По сравнению с базовым вариантом изготовления колец подшипников из стали ШХ15 снижается стоимость применяемой стали. Отпадает необходимость использования закалочного масла, природного газа для защиты от окисления при нагреве под закалку, жаропрочных и жароупорных материалов. Устраняются вредные выбросы в окружающую среду. По сравнению с использованием стали 20Х2Н4А с упрочнением цементацией стоимость стали более чем в 2 раза ниже, а стоимость объемно-поверхностного упрочнения с индукционным нагревом по сравнению с цементацией ниже в 10-20 раз.

По сравнению с использованием специальной стали ШХ4РП применение стандартных, широко используемых на машиностроительных и инструментальных предприятиях и выплавляемых многими металлургическими заводами, включая Белорусский металлургический завод (БМЗ), инструментальных сталей марок У6А (У6), У7А (У7), У8А (У8), У9А (У9), У10А (У10) или близких к ним по химическому составу углеродистых сталей пониженной прокаливаемости 60ПП и 80ПП, позволяет исключить перебои в снабжении материалом для изготовления подшипников, снизить стоимость применяемой стали и уменьшить затраты на упрочнение за счет снижения затрат на закалочное масло, защитный газ.

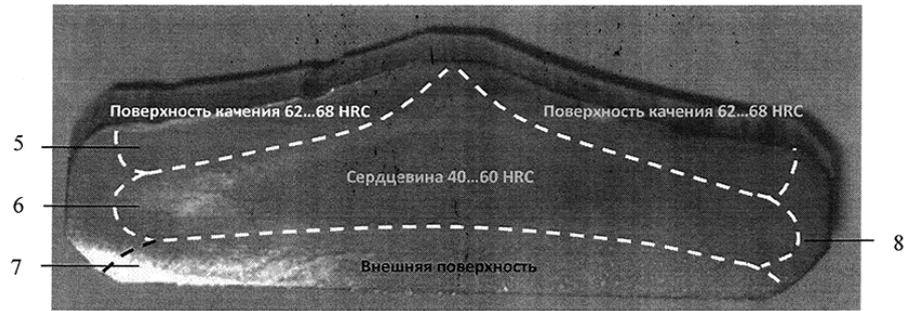
Эксплуатация предложенного подшипника является стандартной. Однако за счет сформированного дифференцированного распределения твердости и микроструктуры, подшипник обладает более высокими показателями эксплуатационных характеристик, так как в нем сочетаются высокая износостойкость поверхности качения и отсутствие хрупкого разрушения при высоких динамических нагрузках в процессе эксплуатации. Это значительно отличает его от известных подшипников качения.

## Источники информации:

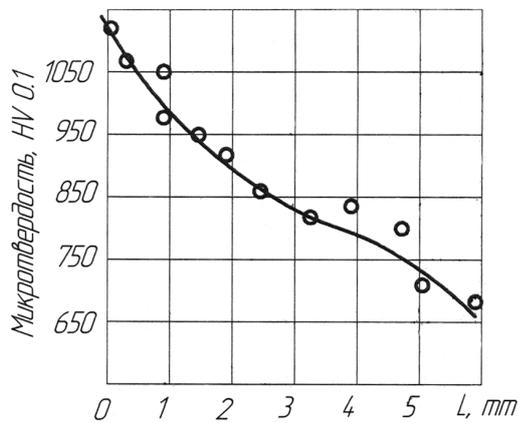
1. ГОСТ 520-2002. Подшипники качения. Общие технические условия. - С. 32;
2. Башнин Ю.А. Технология термической обработки стали. - М.: Металлургия, 1986. - С 424. - С. 321, 323;
3. ГОСТ 1435-99 Прутки, полосы и мотки из инструментальной нелегированной стали. Общие технические условия. - С. 3.



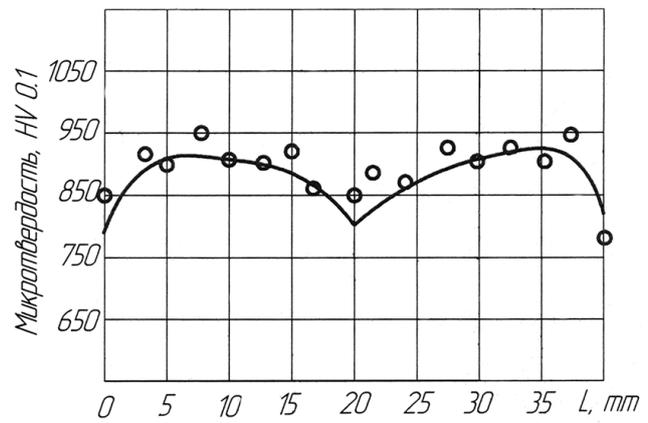
Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5