

**ОПИСАНИЕ  
ИЗОБРЕТЕНИЯ  
К ПАТЕНТУ**  
(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ

(19) **ВУ** (11) **5521**

(13) **С1**

(51)<sup>7</sup> **F 16C 33/12**



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ  
СОБСТВЕННОСТИ

(54)

**ТЯЖЕЛОНАГРУЖЕННАЯ ОПОРА СКОЛЬЖЕНИЯ  
И СПОСОБ ЕЕ ИЗГОТОВЛЕНИЯ**

(21) Номер заявки: а 19991069

(22) 1999.12.02

(46) 2003.09.30

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

(72) Авторы: Витязь Петр Александрович; Кобзарь Юрий Васильевич; Калининко Александр Сергеевич; Жорник Виктор Иванович (ВУ); Кезик Виталий Яковлевич (UA); Верещагин Виталий Алексеевич; Выхота Сергей Олегович (ВУ)

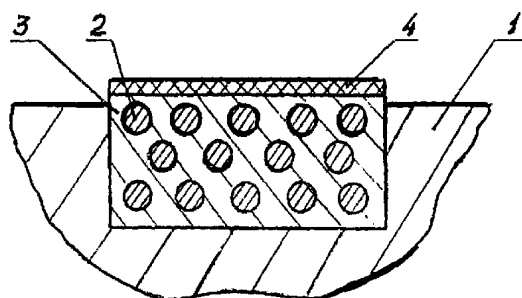
(73) Патентообладатель: Белорусский национальный технический университет (ВУ)

(57)

1. Тяжелонагруженная опора скольжения, содержащая основу из железоуглеродистого сплава, несущий слой и поверхностный антифрикционный слой, **отличающаяся** тем, что несущий слой выполнен из композиционного материала, имеющего макрогетерогенную структуру с матрицей из медного сплава и армирующими элементами из железоуглеродистого сплава, объемное содержание которых составляет 45-55 об. %, а поверхностный антифрикционный слой выполнен из композиционного материала на основе твердого смазывающего материала, содержащего 7-10 об. % порошка ультрадисперсных алмазов.

2. Опора по п. 1, **отличающаяся** тем, что армирующие элементы представляют собой гранулы, а толщина поверхностного антифрикционного слоя составляет 30-100 мкм.

3. Способ изготовления тяжелонагруженной опоры скольжения, заключающийся в формировании несущего и антифрикционного слоев на основе из железоуглеродистого сплава, **отличающийся** тем, что несущий слой формируют пропиткой расплавом матрицы из медного сплава армирующих элементов из железоуглеродистого сплава, объемное содержание которых составляет 45-55 об. %, причем армирующие элементы предварительно нагревают, закрепляют несущий слой на основе, после чего на несущий слой наносят антифрикционный слой из композиционного материала на основе твердого смазывающего материала, содержащего 7-10 об. % порошка ультрадисперсных алмазов.



# BY 5521 C1

(56)

SU 1536095 A1, 1990.

SU 1474177 A1, 1989.

SU 1383820 A1, 1991.

SU 1593353 A1, 1997.

RU 2072457 C1, 1997.

EP 0003856 A1, 1979.

GB 2272029 A, 1994.

---

Изобретение относится к области машиностроения и может быть использовано при изготовлении плоских и цилиндрических подшипников скольжения, работающих при высоких контактных давлениях, в частности опорных поверхностей корпусов подшипников турбин, рудомольных мельниц, прокатных станков и т.п.

Проблема обеспечения работоспособности узлов сухого трения, работающих в экстремальных условиях, требует для своего решения создания новых материалов, длительно обладающих смазывающей способностью.

Известна тяжело нагруженная опора скольжения [1], содержащая твердосмазочное покрытие на основе дисульфида молибдена, однако композиция покрытия, используемая в этой опоре, очень сложна и дорогостояща и представляет собой многофазный литой износостойкий сплав на основе никеля с внедрением в него несущего каркаса из фаз типа  $Fe_2W$  и предусматривает нанесение покрытий из серебра и тантала. Применение такого композита в крупногабаритных опорах скольжения экономически невыгодно.

Известен способ изготовления упруго-демпфирующего антифрикционного покрытия опоры из металлической проволоки с фторопластовым покрытием [2], заключающийся в том, что элемент из спрессованных отрезков проволочных спиралей помещают в пресс-форму, прессуют и выдерживают под давлением. Однако такая опора не выдерживает удельных давлений до 350-400 МПа.

В качестве прототипа выбран трехслойный композиционный вкладыш подшипника скольжения [3], содержащий стальную основу, связанный с нею несущий слой из алюминиевого сплава и связанный с ним поверхностный слой антифрикционного сплава на алюминиевой основе, содержащей один или несколько элементов из группы  $Su$ ,  $Pb$ ,  $Sb$ ,  $Zn$ ,  $Si$ . Способ изготовления такого вкладыша заключается в последовательном плакировании слоев на стальное основание, при этом вначале плакируют биметаллический пакет из несущего и поверхностного слоя с последующим плакированием его на стальную основу.

Несущий слой из алюминиевого сплава не выдерживает высоких удельных давлений, а антифрикционный слой на алюминиевой основе не обладает высокой износостойкостью. Кроме того, процесс многостадийный и трудоемкий.

Задачей настоящего изобретения является создание тяжело нагруженной опоры скольжения, обеспечивающей работу в условиях удельных нагрузок до 350-400 МПа и высокую износостойкость и способа ее изготовления.

Поставленная задача достигается тем, что тяжело нагруженная опора скольжения, содержащая основу из железоуглеродистого сплава, несущий слой и поверхностный антифрикционный слой, у которой несущий слой выполнен из композиционного материала, имеющего макронеоднородную структуру с матрицей из медного сплава и армирующими элементами из железоуглеродистого сплава, объемное содержание которых составляет 45-55 об. %, а поверхностный антифрикционный слой выполнен из композиционного материала на основе твердого смазывающего материала, содержащего 7-10 об. % ультрадисперсных алмазов.

Армирующие элементы представляют собой гранулы, а толщина поверхностного слоя составляет 30-100 мкм.

# BY 5521 C1

Способ изготовления тяжело нагруженной опоры, заключающийся в формировании несущего и антифрикционного слоев на основе железоуглеродистого сплава формированием несущего слоя пропиткой расплавом матрицы из медного сплава армирующих элементов из железоуглеродистого сплава, объемное содержание которых составляет 45-55 об. %, причем армирующие элементы предварительно нагревают, закрепляют несущий слой на основе, после чего на несущий слой наносят антифрикционный слой из композиционного материала на основе твердого смазывающего материала, содержащего 7-10 об. % порошка ультрадисперсных алмазов.

Армирующие элементы несущего слоя создают каркас, воспринимающий высокие давления, характерные для тяжело нагруженных узлов. Матрица перераспределяет нагрузки в объеме композиционного материала, а ее высокая обеспечивает теплоотвод из зоны трения в основу. Количество армирующих элементов выбрано исходя из следующих соображений. Эффективное повышение несущей способности макронеоднородного материала наблюдается при содержании армирующих элементов более 40 %. Это определило нижнюю границу содержания гранул 45 об. %. При введении в композит более 57 об. % армирующих элементов начинается падение теплопроводности композиционного материала. Поэтому верхняя граница армирования композита устанавливается 55 об. % сферических гранул. При таком содержании армирующих элементов достигается оптимальное сочетание несущей способности и теплопроводности композита, формирующего несущий слой.

Для повышения триботехнических свойств опоры скольжения антифрикционный слой имеет слоистую структуру, формируемую твердосмазочным компонентом, а введение в его состав ультрадисперсных алмазов, которые способны свободно перемещаться (вращаться) вдоль горизонтальной оси в твердосмазочном покрытии, с одной стороны, позволяет перейти от режима трения скольжения в режим трения качения между отдельными плоскостями слоистых твердых материалов, а с другой стороны, на поверхностях частиц ультрадисперсных алмазов сорбируются молекулы воды и других веществ, обеспечивающие режим жидкостного трения. В совокупности эти факторы, в конечном итоге, определяют низкий коэффициент трения поверхностного слоя. При этом с повышением давления наблюдается уменьшение толщины поверхностного слоя и соответственно уменьшение числа относительно перемещающихся плоскостей, что отражается в снижении коэффициента трения с повышением давления. Минимальное содержание 7 об. % УДА определяется началом эффективного влияния УДА на триботехнические свойства антифрикционного слоя. Превышение содержания более 10 об. % нецелесообразно потому, что нарушается стабильность системы и удорожается стоимость изготовления антифрикционного покрытия.

Режимные и размерные параметры выбраны из условия обеспечения получения монолитной отливки несущего слоя, а композиция антифрикционного слоя обеспечивает режим противозадирного трения.

Предложенная опора позволяет снизить коэффициент трения в узле скольжения и тем самым устранить деформацию, связанную с тепловыми расширениями турбины и наличием больших сил трения между поверхностями трения при удельных нагрузках до 400 МПа.

На чертеже представлен фрагмент тяжело нагруженной опоры. Опора состоит из стальной или чугуновой основы 1, в углублении которой с помощью клея закреплен несущий слой, состоящий из армирующих элементов 2 и матрицы 3 и наружного антифрикционного слоя 4, включающего твердый смазывающий материал и содержащий ультрадисперсные алмазы.

Способ использовался при изготовлении пар трения для узлов "корпус опоры подшипника - фундаментная рама" паровой турбины Т 250/300-240.

Технология установления опоры включает:

- а) подготовку основы;
- б) изготовление несущего слоя, состоящее, в свою очередь, из операций приготовления медного сплава, подготовки гранул, подготовки литейной формы, изготовление отливки и ее термической и механической обработки;
- в) нанесение поверхностного слоя.

# BY 5521 C1

На первом этапе при изготовлении пары трения "корпус опоры подшипника - фундаментная рама" в чугунной фундаментной раме электроэрозионным или механическим методом вырезалось посадочное место под несущий слой размером 95 × 105 × 12 мм. При изготовлении несущего слоя использовался композиционный материал, содержащий 50 об. % бронзы Бр КЗМц1 + 50 об. % гранул стали ШХ-15 фракционного состава 1,00-1,50 мм.

Подготовка армирующих элементов состояла из очистки гранул в шаровой мельнице МШ-15, удаления адсорбированной влаги путем выдержки в печи СНОЛ-1,6 2,5.1/11-И2 в течение 15 мин при температуре 720-750 °С, рассева по фракциям гранул на вибросите мод. 029, развесовки по порциям 420 г гранул фракции 1,0-1,5 мм и обезжиривания их с использованием обезжиривающего средства ТМС-166.

Затем следовала операция подготовки литейной формы, которая включала сборку многоразовой графитовой формы, укладку в нее порции стальных гранул и нагрев в печи формы со стальными гранулами до температуры 770 °С.

На операции изготовления отливки осуществлялось плавление бронзы в печи СНОЛ-1,3.1,8 при температуре 1130 °С и пропитка расплавленной бронзой армирующих элементов в литейной форме. После этого следовали охлаждение формы с отливкой, обработка до требуемых размеров несущего слоя - 95 × 105 × 12 мм. Мехобработка наружной поверхности осуществлялась на горизонтально-фрезерном станке твердосплавным инструментом при режимах: скорость резания 100 м/мин, подача - 1,5 мм/мин, глубина резания - 0,3 мм.

Далее осуществлялась операция крепления несущего слоя к основе с помощью клеящего состава Анатерм 103, после чего на обезжиренную рабочую поверхность несущего слоя опоры с помощью дозатора наносилась предварительно приготовленная смесь 8 об. % порошка ультрадисперсных алмазов УДАГ-СП + 92 об. % твердая смазка ЛТ767. Толщина антифрикционного поверхностного слоя составляла 60-80 мкм.

Испытания пар трения проводились на специальных стендах по методикам, разработанным в ИНДМАШ НАНБ.

Результаты испытаний приведены в таблице.

Эксплуатационные испытания пар трения для узлов "корпус опоры подшипника - фундаментная рама" на турбине Т 250-300/240 (ст. № 6) Минской ТЭЦ-4 показали, что применение предлагаемого варианта тяжело нагруженной опоры позволяет устранить заедание на опорных поверхностях и, как следствие, избежать выхода за пределы допустимых критериев эксплуатации турбины, определенные нормативной документацией.

Технология изготовления опоры	Давление сжатия, МПа	Контролируемые параметры		Примечание
		Коэффициент трения	Интенсивность изнашивания, мкм/км	
Прототип	5	0,10	7,8	
	10	0,11	12,9	
	20	0,11	29,4	
	40	0,24	280	
	100	0,93	6600	
	150	Разрушение поверхностного слоя		
Предлагаемый вариант	5	0,098	2,4	Несущий слой Бр КЗМц1 + ШХ15; поверхностный слой ЛТ767 + УДА
	10	0,071	5,1	
	20	0,056	6,8	
	40	0,049	7,3	
	100	0,045	10,2	
	150	0,045	12	
	300	0,060	15,3	
	400	0,093	21,7	
450	Разрушение поверхностного слоя			

# ВУ 5521 С1

Анализ приведенных данных показывает, что при изготовлении опоры по предлагаемому способу удастся расширить область рабочих удельных нагрузок до 350-400 МПа, снизить потери на трение, повысить ресурс работ изделий с тяжело нагруженными опорами скольжения.

## Источники информации:

1. А.с. СССР 1339324, МПК F 16 C 33/12, 1987.
2. А.с. СССР 1321958, МПК F 16 C 33/12, 1987.
3. А.с. СССР 1536095, МПК F 16 C 33/12, 33/14, 1990.