

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **033554**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

- (45) Дата публикации и выдачи патента
2019.10.31
- (21) Номер заявки
201700552
- (22) Дата подачи заявки
2017.10.25
- (51) Int. Cl. *C22C 1/04* (2006.01)
C22C 47/08 (2006.01)
C22C 47/12 (2006.01)
C22C 49/04 (2006.01)

(54) **СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА С
МАКРОГЕТЕРОГЕННОЙ СТРУКТУРОЙ**

- (43) **2019.04.30**
- (96) **2017/EA/0084 (BY) 2017.10.25**
- (71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
(BY)**
- (56) BY-C1-5521
BY-C1-6031
RU-C1-2413781
US-A1-4847167
US-A1-4839238
- (72) Изобретатель:
**Калиниченко Александр Сергеевич,
Шейнерт Виктор Александрович,
Калиниченко Владислав
Александрович, Слущкий Анатолий
Григорьевич (BY)**

-
- (57) Изобретение относится к области машиностроения и может быть использовано при изготовлении плоских и цилиндрических подшипников скольжения, работающих в условиях сухого трения или с ограниченной подачей смазки, при нагрузках до 400 МПа и с возможностью работы в условиях сухого трения и повышения температуры более 100°C. Задачей изобретения является способ изготовления износостойкого композиционного материала с макрогетерогенной структурой для подшипников скольжения, обеспечивающего работу в вышеупомянутых условиях.

033554 B1

033554 B1

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

В настоящее время известен композиционный материал с макрогетерогенной структурой (КММС) и с расширенным комплексом физико-механических свойств [1].

КММС представляет собой материал, полученный способом жидкофазного совмещения матрицы (медь, алюминий и другие цветные металлы и сплавы на их основе) и армирующего компонента (гранулы, волокна и иные включения на основе металлов и неметаллов, превышающие по твердости армирующий материал) осуществляемого в камерной или шахтной индукционной печи путем нагрева и расплавления матричного сплава, с последующей выдержкой и охлаждением до 600°C. Присутствие армирующего компонента, распределенного в матрице по определенной схеме, предотвращает преждевременную пластическую деформацию материала при его нагружении. Недостатком известного материала является возможность окисления компонентов при нагреве и жидко-твердофазном совмещении.

Известна тяжело нагруженная опора скольжения из композиционного материала [2], содержащая твердосмазочное покрытие на основе дисульфида молибдена. Недостатком известной опоры является то, что состав покрытия, используемый в ней, очень сложен, имеет высокую стоимость и представляет собой многофазный литой износостойкий сплав на основе никеля с внедрением в него несущего каркаса из фаз типа Fe_2W . Кроме того, предусматривается нанесение покрытий из серебра и тантала. Поэтому применение композиционного материала известной опоры в крупногабаритных опорах скольжения экономически не выгодно.

Известен способ изготовления упруго-демпфирующего антифрикционного покрытия опоры из металлической проволоки с фторопластовым покрытием [3], заключающийся в том, что элемент из спрессованных отрезков проволочных спиралей помещают в прессформу, прессуют и выдерживают под давлением. Однако такая опора не выдерживает удельных давлений до 350-400 МПа.

Известен трехслойный композиционный вкладыш подшипника скольжения [4], содержащий стальную основу, связанный с нею несущий слой из алюминиевого сплава и 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 формируют биметаллический пакет из несущего и поверхностного слоя с последующим плакированием его на стальную основу.

Недостатками выше упомянутого способа является то, что несущий слой не выдерживает высоких удельных давлений, а антифрикционный слой на основе сетки или алюминиевой основы не обладают высокой износостойкостью и долговечностью. Кроме того, процесс получения композиционного материала данным способом является многостадийным и трудоемким.

В качестве прототипа выбран способ изготовления материала для тяжело нагруженной опоры скольжения [5], заключающийся в формировании несущего и антифрикционного слоев из медного сплава, упрочненного гранулами из железоуглеродистого сплава, где несущий слой формируют пропиткой расплавом матрицы из медного сплава армирующих элементов из железоуглеродистого сплава, объемное содержание которых составляет 45-55 об.%. Причем армирующие элементы - каркас, предварительно нагревают, закрепляют несущий слой на основе, после чего на несущий слой наносят антифрикционный слой из композиционного материала, состоящего из твердого смазывающего материала, содержащего 7-10 об.% порошка ультрадисперсных алмазов.

Известный уровень получения материала путем затвердевания матричного расплава в значительной мере характеризуется возможностью усадки металла матрицы при кристаллизации и окислением армирующих элементов в процессе нагрева, что снижает уровень физико-механических свойств изделия.

Проблема обеспечения работоспособности узлов, работающих в условиях сухого трения или с ограниченной подачей смазки, в частности, опорных поверхностей корпусов подшипников турбин, работающих в экстремальных условиях (при нагрузках до 400 МПа и с возможностью работы в условиях сухого трения и повышения температуры более 100°C) требует для своего решения создания новых материалов, длительно обладающих антифрикционными свойствами.

Задачей настоящего изобретения является способ изготовления износостойкого композиционного материала с макрогетерогенной структурой для подшипников скольжения, обеспечивающего работу в условиях удельных нагрузок до 450 МПа и высокие физико-механические свойства за счет компенсации усадки материала матрицы при кристаллизации и повышения триботехнических свойств материала путем диффузионного сплавления бронзы с поверхностью несущего слоя и каркаса из гранул чугуна.

Поставленная задача достигается тем, что в способе изготовления композиционного материала с макрогетерогенной структурой, заключающемся в твердо-жидкофазном формировании композиции, имеющей макрогетерогенную структуру, на основе матрицы из меди, алюминия и другие цветных металлов и их сплавов и армирующей фазы на основе каркаса из гранул, волокон и иных включений на основе металлов и неметаллов, превышающих по твердости матричный материал, создаются условия для компенсации усадки в безокислительной атмосфере. Перед формированием композиции предварительно

осуществляют приготовление шихты в виде смеси армирующей фазы с материалом матрицы, исходя из принципа равномерного объемного распределения компонентов; помещают шихту в донной зоне жаростойкого вертикально-ориентированного стакана из не электропроводного и газоплотного материала и уплотняют шихту; при необходимости, производят нагружение шихты механическим поршнем до максимального уплотнения; при необходимости производят вакуумирование или продувку шихты инертным газом для удаления воздуха из пространства между дробью и гранулами; при необходимости подают инертный газ в подпоршневое пространство под давлением, превышающим атмосферное; производят послойную зонную скоростную плавку материала матрицы шихты снизу вверх навстречу поршню до полной пропитки расплавом материала матрицы армирующего каркаса из гранул железоуглеродистого сплава с одновременным уплотнением до полного заполнения расплавом матрицы межзеренных пустот в каркасе упрочняющей фазы с последующим послойным принудительным зонным охлаждением образующейся макрогетерогенной композиции снизу вверх до получения полностью затвердевшего композита и извлечением последнего из стакана.

Результатом новой технологии является исключение в значительной мере усадки расплава матрицы при кристаллизации, предотвращение окисления компонентов макрогетерогенной шихты в процессе ее нагрева и зонной плавки, повышение триботехнических свойств опоры за счет диффузионного сплавления бронзы с поверхностью чугуновой дроби, а так же предотвращение образования в объеме макрогетерогенного композита газовых и усадочных пор, что дополнительно увеличивает физико-механические свойства материала матрицы и материала в целом.

Сущность изобретения поясняется на чертеже, где изображена технологическая схема способа изготовления композиционного материала.

В способе изготовления композиционного материала с макрогетерогенной структурой по чертежу перед его формированием предварительно осуществляют приготовление шихты в виде смеси из дроби несущего слоя 1 матрицы и гранул упрочняющей фазы 2 из расчета, что количество дроби несущего слоя 1 должно быть выше количества гранул упрочняющей фазы 2 на величину объемной усадки материала несущего слоя. При этом размер дробинок несущего слоя 1 должен быть в 2 и более раза меньше размеров гранул упрочняющей фазы 2. После приготовления шихты ее помещают в донной зоне 3 вертикально ориентированного стакана 4 из газоплотного и не электропроводного материала, уплотняют шихту вибрационным встряхиванием на вибраторе 5, производят нагружение шихты поршнем 6, снабженным керамической насадкой для предотвращения его спаивания с композиционным материалом, до максимального уплотнения несущего слоя 1 и упрочняющей фазы 2 шихты. Далее, при необходимости, производят вакуумирование или продувку шихты посредством устройства 7 для удаления воздуха из межзеренного пространства компонентов шихты, при необходимости, подают инертный газ, например аргон в подпоршневое пространство 8 под давлением, превышающим атмосферное.

Производят зонную скоростную плавку индукционным устройством 9 материала несущего слоя 1 снизу вверх навстречу металлическому поршню 6 путем зонного проплавления несущего слоя 1 в зоне синтеза композиционного материала 10. При этом проводятся уплотнение поршнем 6 гранул упрочняющей фазы 2 до их полной пропитки расплава несущего слоя матрицы. При этом возможно производить синтез как в нормальных условиях, так и в атмосфере инертного газа, или в вакууме.

При работе с инертным газом, осуществляется его подача в качестве газового поршня 11 в зазор 12 между поршнем 6 и вертикально ориентированным стаканом 4 из газоплотного и не электропроводного материала.

Параллельно проводится послойное принудительное зонное охлаждение, например, водовоздушным устройством 13 снизу вверх, образующейся макрогетерогенной композиции, до получения затвердевшего композита и извлечение последнего из вертикально ориентированного стакана 4.

Важным преимуществом новой технологии, по сравнению с известным уровнем техники, является применение индукционного нагрева для синтеза макрогетерогенного композиционного материала, а также исключение усадки расплава матрицы при совмещении кристаллизации с заранее подобранных размеров гранул шихты и подпрессовки поршнем 6, путем зонного уплотнения затвердевающего композиционного материала 10, что также предотвращает образование в объеме макрогетерогенного композита газовых и усадочных пор.

В качестве апробации для армирующей фазы использовали дробь на основе антифрикционных высокопрочных, серых, белых и отбеленных чугунов. Антифрикционные чугуны с глобулярными графитом изготавливают двух марок: АЧВ-1 - с перлитной структурой и АЧВ-2 - с повышенным содержанием кремния и ферритно-перлитной структурой. АЧВ-1 предназначен для работы в узлах трения с повышенными окружными скоростями в паре с закаленным или нормализованным валом. Чугун АЧВ-2 применяют в паре с высоконагруженной опорой-валом. Высокая твердость поверхности (НВ = 400-500) обуславливает хорошую сопротивляемость износу.

В технологии совмещены как уплотнение прессованием самой шихты, так и прессование матричного расплава в армирующий каркас из чугуновой дроби с одновременной кристаллизацией расплава под давлением. Минимальное содержание чугуновой упрочняющей фазы (20-30 об.%) определяется началом ее эффективного влияния на триботехнические свойства антифрикционного слоя. Превышение содержа-

ния более 75 об.% нецелесообразно, так как материал начинает работать как гомогенное тело.

Технологические режимы способа применимы для различных пар трения, например "корпус опоры подшипника - фундаментная рама", турбоагрегата типа Т250/300-240.

Испытания пар трения проводились на специальных стендах по методикам, разработанным в БНТУ. Опытные эксплуатационные испытания применительно для режима работы пар трения для узлов "корпус опоры подшипника фундаментная рама" турбоагрегат Т250-300/240 (ст. № 6) Минской ГЭЦ-4 показали, что использование предлагаемого материала для тяжело нагруженной опоры позволяет устранить заедание на опорных поверхностях и, как следствие, избежать нарушения тепломеханического состояния турбины. В результате стабилизации тепловых расширений, возникающих при различных технологических режимах эксплуатации турбоагрегата, обеспечивается равномерное движение корпуса по опорным точкам при различных температурных нагрузках.

Промышленное освоение заявленного объекта предполагается на предприятиях энергетического сектора ЕАС, использующих газо- или паротурбинные агрегаты.

Источники информации

1) Калиниченко А.С., Жорник В.И., Калиниченко В.А. Триботехнические свойства макрогетерогенных композитов в присутствии смазки, модифицированной ультрадисперсными алмазами. Сборник материалов II МНПК. Инженерия поверхностного слоя деталей машин. - Минск: БИТУ. 2010, с. 22-24.

2) SU 1339324 C1, 1987, МПК: F16C 33/12.

3) SU 183174, A1, 1960 МПК: B21F 21/00.

4) SU 1536095 A1, 1990, МПК: F16C 33/12

5) BY 5521, 2003.09.30

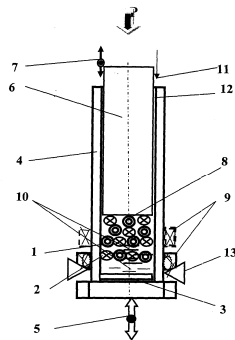
ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ изготовления композиционного материала с макрогетерогенной структурой, заключающийся в твердо-жидкофазном формировании композиции, имеющей макрогетерогенную структуру, на основе матрицы из меди, алюминия или их сплавов и армирующей фазы на основе каркаса из гранул, волокон на основе железоуглеродистых сплавов, превышающих по твердости матричный материал, при этом создаются условия для компенсации усадки в безокислительной атмосфере, отличающийся тем, что при формировании композиции предварительно осуществляют приготовление шихты, в виде смеси армирующей фазы с материалом матрицы, исходя из принципа равномерного объемного распределения компонентов, которую помещают в донной зоне жаростойкого вертикально-ориентированного стакана из неэлектропроводного и газоплотного материала и уплотняют.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что при необходимости производят нагружение шихты механическим поршнем до максимального уплотнения.

3. Способ по п.1, отличающийся тем, что при необходимости производят вакуумирование или продувку шихты инертным газом для удаления воздуха из пространства между гранулами путем подачи инертного газа в подпоршневое пространство под давлением, превышающим атмосферное.

4. Способ по пп.1, 3, отличающийся тем, что производят послойную зонную скоростную плавку материала матрицы шихты снизу вверх навстречу поршню до полной пропитки расплавом материала матрицы армирующего каркаса из гранул железоуглеродистого сплава с одновременным уплотнением до полного заполнения расплавом матрицы межзеренных пустот в каркасе армирующей фазы, с последующим послойным принудительным зонным охлаждением образующейся макрогетерогенной композиции снизу вверх до получения полностью затвердевшего композита и извлечением последнего из стакана.



Евразийская патентная организация, ЕАПВ

Россия, 109012, Москва, Малый Черкасский пер., 2