

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной и
инновационной работе ФГАОУ ВО
«Белгородский государственный
национальный исследовательский
университет» д.т.н., проф.

И.С. Константинов

23 августа 2016г.



ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Белгородский государственный национальный исследовательский университет» на диссертацию Скоренцева Александра Леонидовича "Разработка и исследование структуры, механических и трибологических свойств спеченных и подвергнутых равноканальному угловому прессованию композитов Al-Sn", представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.09 Материаловедение (машиностроение).

Диссертационная работа Скоренцева А.Л. посвящена разработке технологии получения новых порошковых подшипниковых сплавов Al-Sn с повышенным уровнем износостойкости.

Актуальность темы диссертации

Одним из параметров, которым должны соответствовать узлы трения в современной технике - это высокая устойчивость к истиранию. Выбор материала зависит от конструкции и назначения узла, его стоимости, затрат на изготовление деталей, эксплуатационных расходов, связанных с их обслуживанием и ремонтом. Широкое распространение в качестве антифрикционных материалов получили сплавы системы Al-Sn благодаря таким их свойствам, как износостойкость и теплопроводность. Алюминий в указанных сплавах играет роль твердой и жесткой матрицы, а олово - пластичных включений, являющихся твердой смазкой. Привлекательными характеристиками данных типов сплавов являются невысокая стоимость и малый удельный вес, которые обеспечивают высокую экономичность изделий. Алюминий, как металлическая основа сплава, практически не подвержен коррозии в маслах и обладает высокой усталостной прочностью.

«01»	09	2016г.	1
Вх. №	72		
индекс			

Сплавы обладают высокой способностью к самосмазыванию, эксплуатационной надёжностью и экономичностью производства. Тем не менее, существует необходимость улучшения трибологических характеристик Al-Sn сплавов, которое возможно осуществить, сочетая положительные стороны технологии порошковой металлургии и интенсивной пластической деформации, управляя как составом, так и микроструктурой материала.

Таким образом, актуальность диссертационного исследования не вызывает сомнений.

В результате анализа имеющихся литературных данных по данной тематике Скоренцевым А.Л. была сформулирована цель диссертационной работы:

Разработка технологии получения новых с повышенной износостойкостью порошковых подшипниковых сплавов Al-Sn за счёт модификации их состава и управления структурой при спекании и последующей интенсивной пластической деформации (ИПД).

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

1. Определить составы смесей порошков Al и Sn и режимы их спекания, позволяющие получать МКМ с устойчивой к внешним деформационным воздействиям алюминиевой матрицей, обеспечивающей их высокую несущую способность, в том числе и при повышенном содержании олова.

2. Исследовать влияние содержания олова на трибологические свойства спеченных МКМ Al-Sn и определить его концентрацию, обеспечивающую минимальный износ спеченных образцов при различных нагрузках в условиях сухого трения.

3. Исследовать взаимосвязь механических свойств спеченных МКМ Al-Sn с особенностями эволюции их структуры на различных масштабных уровнях при многократном РКУП маршрутами А и С.

4. Исследовать взаимосвязь трибологических свойств обработанных методом РКУП композитов Al-Sn с их структурой и механическими свойствами. Определить структурное состояние композитов, отвечающее минимальной интенсивности их изнашивания в отсутствие смазки при заданных скоростях скольжения и нагрузках.

Структура диссертации и ее основное содержание

Диссертация Скоренцева А.Л. состоит из введения, четырех глав, выводов, списка сокращений и условных обозначений, списка цитируемой литературы, включающего 128 наименований и двух приложений.

Во **введении** обоснована актуальность решаемой проблемы, сформулированы цель и задачи проводимых исследований, а также основные положения, выносимые на защиту; показана научная новизна и практическая

значимость полученных результатов; приведены сведения о структуре и объеме диссертации; определен личный вклад автора; указаны данные апробации работы на конференциях и семинарах, а также информация о публикациях, в том числе из списка ВАК.

В **первой главе** диссертации проведен обзор литературных данных по влиянию состава и структуры на свойства антифрикционных материалов, в том числе сплавов на основе системы Al-Sn. Указаны основные недостатки сплавов Al-Sn и основные пути их устранения. Приведены данные, обосновывающие перспективность использования порошковой металлургии и последующей обработки методами интенсивной пластической деформации в получении сплавов Al-Sn с улучшенными триботехническими свойствами. Сформулирована постановка задачи.

Во **второй главе** описаны методы получения исследуемых порошковых материалов. Указаны используемые приборы и оборудование, а также подробно описаны экспериментальные методы исследования структуры и свойств спеченных и деформированных методом равноканального углового прессования материалов на основе алюминия.

В **третьей главе** приведены результаты изучения влияния элементного состава и размера частиц порошковых смесей, а также режимов процесса спекания на структуру, механические и трибологические свойства композиционных материалов с металлической матрицей Al-Sn. Установлена оптимальная концентрация Sn, которая отвечает минимальному износу при различных нагрузках в процессе сухого трения.

В **четвертой главе** приведены результаты исследования влияния режимов обработки методом равноканального углового прессования на эволюцию структуры, механические и трибологические свойства полученных порошковых композитов Al-Sn.

В главе «Выводы» сформулированы выводы по проведенным в диссертационной работе исследованиям.

Научная новизна диссертационной работы

В диссертационной работе впервые получены следующие научные результаты:

1. Проведено систематическое исследование процесса жидкофазного спекания смеси Al и Sn порошков, изучено влияние их дисперсности и концентрации на структуру спеченных МКМ Al-Sn, определен состав смесей и режимы их спекания, позволяющие получать композиты с непрерывной матрицей.

2. Определены механические свойства спеченных МКМ Al-Sn, изучена их связь со структурой материала. Установлено, что в широком (0÷50 %) диапазоне содержания второй фазы прочность спеченных композитов является аддитивной величиной, определяемой по правилу идеальной смеси.

3. Исследовано влияние олова в широком концентрационном интервале его содержания на трибологические характеристики МКМ Al-Sn при сухом трении и различных нагрузках. Установлен оптимальный состав МКМ Al-Sn, отвечающий максимальной их износостойкости в заданных условиях.

4. Изучена эволюция макро- и микроструктуры спеченных МКМ Al-Sn при их многократном РКУП по маршрутам А и С. Установлено, что на размер формирующихся субзерен в алюминиевой матрице влияет как величина суммарной испытанной деформации, так и плотность межфазных границ, величина которой через особенности изменения формы и размеров включений мягкой второй фазы определяется маршрутом реализации РКУП. Определена взаимосвязь структуры с механическими свойствами обработанных композитов.

5. Исследованы трибологические свойства МКМ Al-Sn, обработанных методом РКУП. Анализ зависимости силы трения от пути трения, а также структуры и состава поверхностей трения показал, что сильное деформационное упрочнение алюминиевой матрицы не приводит к смене механизма изнашивания МКМ при сухом трении по стали, но вызывает снижение его интенсивности с одновременным увеличением интенсивности изнашивания контртела.

Практическая значимость диссертационной работы

В рамках представленной диссертационной работы автором была предложена технология жидкофазного спекания смеси порошков Al и Sn, позволяющая получить сплавы системы Al-Sn высокой плотности с хорошей пластичностью и несущей способностью при повышенном содержании олова, а дополнительно подобранные режимы РКУП позволяют при сохранении габаритов обрабатываемых образцов значительно повысить их механическую прочность и износостойкость в режиме сухого трения.

Полученные автором результаты научных исследований, несомненно, имеют большое практическое значение в перспективе создания антифрикционных материалов с повышенными эксплуатационными характеристиками. Стоит отметить, что на основании проведенных фундаментальных и прикладных исследований были разработаны способ получения износостойкого антифрикционного самосмазывающегося сплава и способ получения износостойкого антифрикционного сплава, которые являются объектами интеллектуальной собственности и охраняются российскими патентами.

Достоверность полученных результатов диссертационной работы

Достоверность полученных результатов диссертационной работы не вызывает сомнений, что связано с использованием большого количества современных методик исследований и применением общепризнанных

моделей описания наблюдаемых явлений. Также результаты исследований были неоднократно представлены на конференциях, в том числе международного уровня. Приведенные данные согласуются с ранее опубликованными результатами других авторов.

Замечания по диссертационной работе

1. Автором введено оригинальное сокращение исследуемых материалов – композитов с металлической матрицей, которое выглядит как «МКМ» и совпадает с сокращением единицы измерения длины – микрона. Однако в отечественной литературе на протяжении полувека для данного типа материалов устоявшимся считается сокращение КММ. Кажется, в данном случае оригинальность создает автору только трудности в популяризации результатов собственных исследований. Это же относится к избыточно вольному изложению результатов, например, к сравнению рельефа поверхности на дорожке трения с «выбоинами на асфальтированной дороге» (стр. 79).

2. В диссертации есть неточности в описании методик проведения работ, которых разнятся с описанием результатов. Например, есть несоответствие между условиями проведения съемки рентгенограмм, указанными в пункте 2.2, и угловыми диапазонами, приведенными на рисунке 3.8.

3. Автором, вероятно, впервые обнаружено влияние анизотропии металлографической текстуры композита алюминий-олово (по факту, ориентации слоистой структуры к плоскости скольжения) на интенсивность изнашивания в выбранных условиях эксперимента. Однако, к сожалению, не приводится анализ, насколько в данном случае важную роль имеет схема деформирования, а именно РКУП. Очевидно, что и увеличение прочности алюминиевой матрицы, и уменьшение толщины прослоек компонентов сплава (олова и алюминия) с созданием слоевой структуры можно достичь листовой прокаткой, эффект деформации на износ определяется лишь ориентацией структуры к плоскости трения.

4. Формулировка научной новизны имеет слишком неопределенный характер. Само по себе проведение исследований по определению не является научной новизной работы. При этом некоторые абсолютно новые оригинальные результаты, полученные действительно «впервые», автор не выделил. Это касается, например, описанного выше влияния ориентации структурных компонентов сплава и плоскости трения на интенсивность износа. Обошел автор стороной и лежащий в основе данной закономерности эффект выдавливания олова при изгибании слоистой структуры в процессе трения.

Общая оценка диссертационной работы

В целом по уровню решаемых задач, научной новизне, практической значимости и объему полученных результатов диссертация «Разработка и исследование структуры, механических и трибологических свойств спеченных и подвергнутых равноканальному угловому прессованию композитов Al-Sn» Скоренцева Александра Леонидовича удовлетворяет всем требованиям ВАК РФ, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.09 Материаловедение (машиностроение).

Основные результаты диссертационной работы опубликованы в 8 статьях в журналах, рекомендованных ВАК Минобрнауки России. Материалы диссертационной работы доложены на конференциях различного уровня, в том числе международных. Поставленные в работе цель и задачи полностью достигнуты, а основные результаты отражены в выводах. В целом диссертация и автореферат написаны понятным научным языком, имеют четко прослеживаемую логику изложения. Автореферат и представленные публикации достаточно полно отражают содержание диссертационной работы, а все результаты диссертационного исследования получены либо автором лично, либо при его непосредственном участии. Диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой решены актуальные проблемы машиностроения, имеющие важное научное и практическое значение.

Диссертационная работа Скоренцева А.Л. соответствует паспорту специальности 05.16.09 Материаловедение (по отраслям) п.1. «Теоретические и экспериментальные исследования фундаментальных связей состава и структуры материалов с комплексом физико-механических и эксплуатационных свойств с целью обеспечения надежности и долговечности материалов и изделий», п.2. «Установление закономерностей физико-химических и физико-механических процессов, происходящих на границах раздела в гетерогенных структурах», п.4. «Разработка физико-химических и физико-механических процессов формирования новых материалов, обладающих уникальными функциональными, физико-механическими, эксплуатационными и технологическими свойствами, оптимальной себестоимостью и экологической чистотой». Работа отвечает требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней» утвержденном Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, а Скоренцев Алексей Леонидович заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.09 Материаловедение (машиностроение).

Отзыв на диссертацию и автореферат обсуждены на заседании Научно-образовательного и инновационного центра «Наноструктурные материалы и нанотехнологии» НИУ «БелГУ» 16 августа 2016 г., протокол № 8.

Научный руководитель
Научно-образовательного и инновационного центра
«Наноструктурные материалы и нанотехнологии»
ФГАОУ ВО «Белгородский государственный
национальный исследовательский университет»,
доктор физико-математических наук
(01.04.07 – физика конденсированного состояния),
Профессор

Колобов Юрий Романович

Директор
Научно-образовательного и инновационного центра
«Наноструктурные материалы и нанотехнологии»
ФГАОУ ВО «Белгородский государственный
национальный исследовательский университет»,
доктор технических наук
(01.04.07 – физика конденсированного состояния)

Иванов Максим Борисович

308015, г. Белгород,
ул. Победы, 85,
ФГАОУ ВО «Белгородский государственный
национальный исследовательский университет»
тел.: +7(4722) 58-54-06
e-mail: Kolobov@bsu.edu.ru

