

ОТЗЫВ

официального оппонента Громова Виктора Евгеньевича на диссертационную работу 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)

Актуальность темы диссертации

В последнее время внимание исследователей в области физического материаловедения привлечено к изучению различных видов интенсивной (мегапластической) деформации и их реализации на практике. Равноканальное угловое прессование является наиболее исследованным и перспективным для целей практического использования. Современные машины и механизмы работают при повышенных скоростях и нагрузках, а расходы на устранение последствий их износа в развитых промышленных странах составляют до 2 % валового национального продукта. Поэтому, разработка новых антифрикционных материалов с улучшенными триботехническими свойствами является актуальной задачей, решение которой может привести к значительному экономическому эффекту.

Сплавы Al-Sn широко применяются в качестве антифрикционных материалов в подшипниках скольжения благодаря их высокой теплопроводности, коррозионной стойкости, усталостной прочности. Однако согласно действующему ГОСТу содержание в них олова не превышает 20 вес. % из-за соображений сохранения несущей способности материала. При этом, такого количества Sn явно не достаточно для эффективного самосмазывания подшипников при сухом трении.

В этой связи диссертационная работа А.Л. Скоренцева, посвященная разработке и изучению новых спеченных композитов системы Al-Sn с повышенным содержанием Sn и улучшенными трибологическими свойствами, является актуальной и необходимой для дальнейшего развития исследований и решения практических задач по повышению срока службы деталей в узлах трения.

Анализ содержания диссертации

Диссертация состоит из введения, четырех разделов и выводов. Текст диссертации изложен на 155 страницах, включая список литературы из 128 наименований, два приложения, 48 рисунков и 18 таблиц.

Во введении дается краткое обоснование актуальности выбранной темы исследования, показана степень ее разработанности, определена цель

ИФМ СО РАН
«02» августа 2016 г.
вх. № 3
индекс

исследований и задачи, сформулирована научная новизна и ценность работы, показана ее практическая значимость и связь с проектами и грантами, описана методология и методы исследования, сформулированы положения, выносимые на защиту, представлена структура диссертации.

В первом разделе приведен обзор литературных данных по проблематике диссертационной работы. Проанализированы работы, посвященные структуре и свойствам антифрикционных материалов, в том числе на основе системы Al-Sn. Показана перспективность практического применения сплавов Al-Sn. Указаны основные их недостатки, описаны пути их устранения. Показана перспективность использования методов порошковой металлургии и последующей обработки методом равноканального углового прессования (РКУП) для получения сплавов Al-Sn с улучшенными трибологическими свойствами. В конце раздела приведена постановка задачи исследования.

Во втором разделе описаны материалы и методики эксперимента. Приведены способы и приемы получения антифрикционных материалов Al-Sn. Указаны используемые приборы и оборудование, а также приведены методы и методики их применения при экспериментальных исследованиях структуры и свойств, спеченных и обработанных методом РКУП композитов Al-Sn. Содержание этого раздела свидетельствует, что автор хорошо ориентируется в применяемых им методах исследования, а их выбор и многообразие позволяет утверждать, что исследования проведены в соответствии с необходимыми требованиями.

Третий и четвертый разделы диссертации содержат результаты выполненных исследований и их обсуждение.

В частности, *в третьем разделе* представлены результаты по влиянию фракционного и химического состава порошковых смесей и режимов их спекания на особенности формирующейся структуры, механические и трибологические свойства композитов Al-Sn. Приведены данные их механических и триботехнических испытаний. Установлена оптимальная концентрация олова, отвечающая при различных нагрузках минимальному износу спеченных образцов при их сухом трении по стальному контртелу.

В четвертом разделе приведены результаты исследования влияния обработки методом РКУП по маршрутам А и С на эволюцию структуры, механические и трибологические свойства спеченных композитов Al-Sn. Исследован характер влияния РКУП на интенсивность изнашивания композитов Al-Sn, а также стального контртела при их фрикционном контакте. Изложение результатов в этом разделе иллюстрирует хорошее владение

автором методиками исследований и высокий уровень его научной квалификации.

В разделе «*Выводы*» сформулированы основные выводы, полученные в результате выполнения диссертационной работы.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Защищаемые положения и выводы диссертации вытекают из полученного в работе экспериментального материала. Они обоснованы корректностью постановки цели и задач исследования по актуальной теме. Достоверность результатов обеспечивается применением комплекса современных методов экспериментальных исследований, непротиворечивостью полученных результатов и их согласием с опубликованными данными других исследователей.

Основные результаты исследований были представлены и обсуждались на целом ряде авторитетных отечественных и международных конференций. Основное содержание работы изложено в 14 публикациях. Из них 6 – в зарубежных изданиях, включенных в базы данных Scopus и Web of Science, 8 статей в журналах, входящих в перечень рецензируемых научных журналов и изданий ВАК.

Научная новизна работы заключается в том, что в ней впервые:

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

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

3. Исследовано влияние олова в широком концентрационном интервале его содержания на трибологические характеристики композитов Al-Sn при сухом трении и различных нагрузках.

4. Изучена эволюция макро- и микроструктуры спеченных композитов 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.

Определена взаимосвязь структуры с механическими свойствами обработанных композитов.

5. Исследованы трибологические свойства композитов Al-Sn, обработанных методом РКУП. Показано, что сильное деформационное упрочнение алюминиевой матрицы не приводит к смене механизма изнашивания композитов при сухом трении по стали, но вызывает снижение его интенсивности с одновременным увеличением интенсивности изнашивания контртела.

Научная значимость

Высокая научная значимость диссертационной работы для развития физического материаловедения обоснована тем, что в условиях внешнего термического и механического воздействия с различной интенсивностью установлены особенности формирования структуры спечённых композитов Al-Sn широкого состава, знание которых может быть применено к широкому классу известных и проектируемых композиционных материалов с невзаимодействующими фазами с целью эффективного управления их различными функциональными свойствами, включая трибологические.

Практическая ценность результатов заключается в возможности использования полученных результатов при разработке технологии получения антифрикционных сплавов Al-Sn, обладающих связанным алюминиевым каркасом, хорошей пластичностью и высокой несущей способностью при повышенном содержании олова, применение которых будет способствовать увеличению срока службы деталей подшипников скольжения. Способ РКУП обработки композитов Al-Sn в совокупности с технологией их жидкофазного спекания и составом защищен двумя российскими патентами.

По диссертационной работе можно сделать следующие **замечания**:

1. В работе недостаточно подробно исследован механизм образования наростов на контртеле как на стадии притирки, так и на стадии установившегося режима трения.
2. В работе было обнаружено, что режиму спекания предшествует инкубационный период. Доказательства были бы более убедительными, если бы автор для подтверждения исследовал начальный период спекания на порошках алюминия с более широким дисперсионным составом.
3. Не исследованы продукты износа, формирующиеся в результате фрикционного взаимодействия пары «композит Al-Sn – сталь».
4. В работе максимальное число проходов РКУП равнялось четырем. При этом в тексте диссертации не сказано, почему РКУП не проводилось при

большем числе прессований. Утверждение автора об «оптимальном режиме применения РКУП» должно быть подкреплено соответствующим критерием.

5. Использование в работе термина «интенсивная пластическая деформация» является не совсем корректным, поскольку дословный его перевод (“severe plastic deformation”) имеет совсем другой смысл. Уместнее говорить о мегапластической деформации, предлагаемой в работах А.М. Глезера.
6. Работа, несомненно бы выиграла, если бы в ней были представлены результаты эволюции дислокационной субструктуры по результатам ПЭМ исследований при РКУП. На некоторых ПЭМ изображениях не представлены рефлексы, в которых получена микродифракция.
7. Al-Sn сплавы широко используются в различных отраслях промышленности. Работа представлена к защите на технические науки. Хотелось бы видеть конкретное использование результатов работы на конкретных предприятиях в виде актов или справок.

Высказанные замечания носят частный характер и не снижают общего положительного впечатления. В целом работа выполнена на высоком профессиональном уровне. Она написана грамотным языком, имеет логическое построение, оформлена в соответствии с требованиями.

Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.

Соответствие содержания диссертации указанной специальности

Диссертационная работа Скоренцева А.Л. по своим целям, задачам, содержанию, методам исследования и научной новизне соответствует пунктам 1, 2, 4 Паспорта специальности 05.16.09 Материаловедение (машиностроение) (технические науки).

Заключение

Проведенный анализ позволяет считать, что диссертационная работа Скоренцева А.Л. является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение актуальной задачи разработки технологии получения новых с повышенной износостойкостью порошковых подшипниковых сплавов Al-Sn за счет модификации их состава и управления структурой при спекании и последующей интенсивной пластической деформации, имеющей существенное значение для современного материаловедения. По уровню решаемых задач, объему выполненных исследований, обоснованности вынесенных на защиту положений, новизне, научной и практической значимости результатов, полученных в работе,

