

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной и инновационной деятельности
федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«Сибирский государственный индустриальный университет»

д.т.н., профессор Коновалов С.В.

«28 01» 2025 г.

ОТЗЫВ ~~ведущей организации~~

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский государственный индустриальный университет»
на диссертационную работу Цыденова Кирилла Андреевича
«Обоснование состава и режима деформационно-термической обработки сплавов системы Al-Cu-Mn, не требующих закалки и выплавляемых на основе вторичного сырья»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 2.6.1. Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов

Актуальность темы диссертации

Современные тенденции промышленного развития акцентируют внимание на важности энергоэффективности, экологической безопасности и минимизации негативного воздействия на окружающую среду. Это связано с необходимостью сокращения углеродного следа и экономии природных ресурсов, что диктует использование материалов, способных обеспечить высокую эксплуатационную надежность, долговечность и пригодность для вторичной переработки. В данном контексте алюминиевые сплавы системы Al-Cu-Mn представляют собой уникальный материал, который сочетает в себе технологичность, оптимальные механические свойства, термостойкость, что делает их востребованными в авиационной и автомобильной промышленности, машиностроении, строительстве и других высокотехнологичных отраслях.

Необходимость широкого внедрения вторичных алюминиевых сплавов обусловлена тем, что при их производстве в атмосферу выбрасывается значительно меньше углекислого газа по сравнению с первичным производством. Однако серьезной проблемой, с которой сталкиваются многие предприятия при производстве алюминиевых сплавов из вторичного сырья, является накопление примесей железа и кремния, которые могут существенно ухудшать механические свойства материала, такие как прочность, пластичность и сопротивление усталостным нагрузкам. Таким образом, проблема переработки алюминиевых сплавов требует разработки новых технологических решений, которые позволят нивелировать негативные эффекты примесей и сохранить высокие эксплуатационные характеристики материалов.

Диссертационная работа Цыденова Кирилла Андреевича посвящена решению важной научной и практической задачи по разработке деформируемых сплавов на основе системы Al–Cu–Mn (известных как «АЛТЭК»), которые не требуют закалки и при этом могут быть изготовлены на основе вторичного сырья. Уникальность предложенных сплавов заключается в их способности сохранять прочностные характеристики при повышенных температурах, что делает их востребованными в производстве элементов конструкций, работающих в условиях высоких термических нагрузок. Кроме того, такие сплавы могут быть использованы без дополнительных дорогостоящих этапов обработки, что снижает их себестоимость и делает процесс производства более экономически эффективным.

Важным аспектом работы является изучение влияния на структуру и свойства сплавов легирующих элементов, таких как магний и цинк, а также примесей железа и кремния. Эти элементы часто встречаются в составах алюминиевых сплавов, поэтому задача по оптимизации состава материала и режимов обработки приобретает ключевое значение для практики переработки алюминия. Разработка новых технологий, которые позволяют минимизировать влияние примесей и обеспечивают получение материала с требуемыми эксплуатационными характеристиками, является значительным вкладом в развитие современных материаловедческих исследований.

Таким образом, диссертационная работа Цыденова Кирилла Андреевича обладает высокой актуальностью как с научной, так и с практической точки зрения, поскольку решает задачу повышения эффективности использования вторичных алюминиевых сплавов в промышленности, что способствует реализации стратегий устойчивого развития и ресурсосбережения.

Научная новизна работы

Научная новизна диссертационной работы Цыденова Кирилла Андреевича заключается в том, что автор, опираясь на полученные экспериментальные результаты, выявил закономерности, определяющие влияние состава и параметров деформационно-термической обработки на фазовый состав, структуру и физические свойства сплавов типа «АЛТЭК».

Автором было продемонстрировано, что в сплавах системы Al–Cu–Mn–Mg–Zn–Fe–Si, содержащих 2% меди и 1,5% марганца, возможно формирование структуры, в которой железо и кремний в количестве до 0,5 мас.% связываются в частицы фазы $Al_{15}(Fe, Mn)_3Si_2$, а магний и цинк, до 1 мас.%, растворяются в алюминиевой матрице, обеспечивая повышение прочности без снижения пластичности. В модельных сплавах с содержанием 1,5-2% Cu и 1,5-2% Mn установлено, что добавление до 1% магния способствует твердорастворному упрочнению, что повышает прочность сплавов на 10-15%, не нарушая стабильности структуры при температуре до 400°C. Совместное добавление железа, кремния, магния и цинка в количестве около 3% не ухудшает механических свойств отожженных полуфабрикатов, что позволяет эффективно использовать вторичное сырье,

включая сплавы различных серий. При этом равномерное распределение фаз с содержанием железа в холоднокатаных листах обеспечивает сохранение пластичности за счет вязкого механизма разрушения. Кроме того, для сплавов Al-2% Cu-2% Mn(Si, Zr) и Al-1,8% Cu-1,5% Mn-0,5% Mg-1,5% Zn(Fe, Si) показана возможность получения прочных и термостойких неразъемных соединений с помощью сварки трением с перемешиванием (СТП), причем прочностные характеристики соединений близки к показателям основного материала.

Практическая значимость

Практическая значимость диссертационной работы Цыденова Кирилла Андреевича заключается в том, что предложена технология деформационно-термической обработки сплавов Al-2%Cu-1,5%Mn-1%Mg-1%Zn и Al-2%Cu-1,5%Mn-1%Mg-1%Zn-0,5%Fe-0,4%Si-0,25%Zr, которая включает в себя горячую и холодную прокатку для получения деформированных полуфабрикатов с временным сопротивлением свыше 340 МПа. Разработаны составы алюминиевых сплавов на основе системы Al-2%Cu-1,5%Mn, легированных магнием, цинком, железом и кремнием, которые не требуют сложных процессов гомогенизации и закалки и могут быть произведены из вторичного сырья. Особенно ценно, что исследования проводились по различным режимам, в том числе с условиями, приближенными к промышленным. Также автором был разработан и запатентован способ получения холоднокатаных листов из вторичных алюминиевых сплавов (патент РФ №2826055 от 03.09.2024) и предложен режим обработки трением с перемешиванием, который позволяет получить прочные неразрывные соединения листовых горячекатаных заготовок толщиной 4 мм из сплавов Al-1,8%Cu-1,5%Mn-0,5%Mg-1,5%Zn-0,4%Fe-0,4%Si.

Достоверность результатов исследований

Полученные результаты исследования обладают высокой степенью достоверности, обеспеченной тщательным проведением экспериментов с применением современных методов и комплексным анализом данных. Автор подробно изучал предшествующие научные работы, разработал методику исследования, что укрепило основу для достоверных выводов, использование различных методов анализа позволило получить надежные данные. Кроме того, активное участие автора в научных конференциях и публикации статей обеспечивают дополнительное обсуждение и оценивание результатов специалистами, что подтверждает их достоверность и значимость.

Рекомендации по использованию результатов исследования

Результаты диссертационной работы Цыденова Кирилла Андреевича имеют потенциал применения в производстве листовой продукции для изготовления деталей автомобильной промышленности. В частности, составы сплавов и режимы деформационно-

термической обработки, описанные в главе 5, могут быть востребованы российским предприятием АО «Самарский металлургический завод», а исследования структуры и режимы сварки листов с помощью СТП, описанные в главе 6, могут представлять интерес для ЗАО «Чебоксарское предприятие Сеспель».

Замечания по диссертационной работе

1. В автореферате и диссертационной работе имеются небрежности, связанные с орфографией, пунктуацией и стилистикой, например в автореферате рис. 4, ссылка на странице 9, но рисунок отсутствует; в названии рис. 4 указано – «макроструктура сплавов в слитках...», что стилистически неверное, более грамотно будет написать «макроструктура слитков сплава...», и т.п.

2. В автореферате необходимо более подробно привести режимы нагрева-охлаждения при термической обработке, иначе возникает терминологическая путаница между понятиями «отжиг» и «высокотемпературное искусственное старение».

3. В главе 1 в разделе 1.4.3 описана проблема растущего количества смешанного лома и так называемые «кладбища самолетов». Да, проблема утилизации смешанного лома присутствует, но авиационный лом находится на складах заводов, которые занимаются вторичной переработкой, а не на «кладбище самолетов».

4. Марочный сплав 2219 не очень подходит для сравнения со сплавами типа АЛТЭК, возможно, их стоит сравнивать с другими деформируемыми незакаливаемыми сплавами, например 5xxx серии, которые схожи по механическим характеристикам, но уступают в термической стабильности и технологичности.

5. Было бы интересно увидеть исследования большего количества режимов СТП и ОТП.

Общая оценка диссертационной работы

Диссертация логично построена, структура и содержание соответствуют цели и задачам исследования. Результаты работы опубликованы в 11 научных работах, в том числе в международных журналах, входящих в 1-й квартиль, и прошли апробацию на международных и российских конференциях.

В целом диссертация Цыденова Кирилла Андреевича является завершенной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований и их интерпретации получены новые результаты, совокупность которых можно квалифицировать как решение важной научной и практической задачи. Поставленные в работе цели и задачи полностью достигнуты, а основные результаты отражены в достоверно обоснованных выводах. Работа изложена понятным научным языком, имеет четко прослеживаемую логику. Все результаты работы получены либо автором лично, либо при его непосредственном участии.

Заключение

По актуальности и объему выполненных исследований, научной новизне и практической значимости полученных результатов диссертационная работа Цыденова Кирилла Андреевича «Обоснование состава и режима деформационно-термической обработки сплавов системы Al-Cu-Mn, не требующих закалки и выплавляемых на основе вторичного сырья» соответствует критериям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, установленным в «Положении о порядке присуждения ученых степеней в НИТУ МИСИС», а ее автор Цыденов Кирилл Андреевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.1. «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

Настоящий отзыв обсужден и утвержден на заседании кафедры обработки металлов давлением и материаловедения. ЕВРАЗ ЗСМК Сибирского государственного индустриального университета «22» января 2025 года. Протокол заседания №6-24.

Заведующий кафедрой обработки металлов давлением и материаловедения. ЕВРАЗ ЗСМК, доктор технических наук (специальность 01.04.07 «Физика конденсированного состояния»), доцент

Арышенский Евгений Владимирович

Профессор кафедры обработки металлов давлением и материаловедения. ЕВРАЗ ЗСМК, доктор технических наук (специальность 05.16.09 «Материаловедение (в машиностроении)»), доцент

Прудников Александр Николаевич

Сведения об организации:

Наименование: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный индустриальный университет»
адрес: 654007, Кемеровская область – Кузбасс, г. Новокузнецк, Центральный р-н, ул. Кирова, зд. 42

тел.: +7 (3843) 77-79-79

e-mail: rector@sibsiu.ru



*Верно:
Нашакова
кадровый отдел*

*Маронова
23.01.2025*