

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы Цыденова Кирилла Андреевича «Обоснование состава и режима деформационно-термической обработки сплавов системы Al–Cu–Mn, не требующих закалки и выплавляемых на основе вторичного сырья» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.1 «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

В условиях стремления к снижению углеродного следа и повышению энергоэффективности производства алюминиевые сплавы системы Al-Cu-Mn (АЛТЭК) приобретают большее значение. Эти сплавы имеют высокую технологичность, прочность и термостойкость, что делает их перспективными для широкого промышленного использования. Вместе с тем вторичная переработка алюминия и его сплавов является актуальным направлением из-за ресурсосбережения и более низких затрат энергии по сравнению с первичным производством алюминия. Однако переработка алюминиевых сплавов сталкивается с проблемой накопления примесей, таких как железо и кремний, которые могут значительно ухудшать механические свойства сплавов.

Поэтому автором сформулирована цель исследований: обоснование состава и разработка режима деформационно-термической обработки (без закалки) сплавов на основе Al-Cu-Mn, выплавляемых на основе вторичного сырья, для получения листового проката повышенной прочности, а также поставлены и решены задачи для ее выполнения.

При рассмотрении автореферата можно сделать выводы, что она обладает научной новизной, теоретической и практической ценностью, что подтверждается результатами диссертационной работы, основными из которых являются следующие.

Рассмотрены сплавы на базе системы Al-Cu-Mn, содержащие до 2 % меди и 1,5 % марганца. Исследования, проведенные автором показали, что добавление примесных элементов, таких как железо и кремний в количестве до 0,4 %, не сильно снижает механические характеристики базового сплава, за счет того что эти элементы при литье формируют фазу  $Al_{15}(Fe,Mn)_3Si_2$ , которая при последующей обработке давлением дробится и принимает благоприятную компактную форму. Это открывает возможность использования более дешёвого вторичного сырья в производстве деформируемых полуфабрикатов.

Представлены результаты исследований при добавлении в базовый сплав таких элементов как магний и цинк, которые наряду с железом и кремнием часто находятся в составе вторичного алюминиевого сырья. Автором установлено, что добавление магния в количестве до 1 % приводит к дополнительному твердорастворному упрочнению, а цинк не оказывает ощутимого влияния ни на фазовый состав, ни на механические свойства. Таким образом, листы сплавов системы Al-Cu-Mn, изготовленные из вторичного сырья, могут иметь показатели прочности свыше 300 МПа без применения операции закалки.

Особое внимание в исследовании уделено сварке трением с перемешиванием. Результаты показали, что сварные соединения сохраняют прочностные характеристики на уровне основного материала.

Разработана технология деформационно-термической обработки сплавов системы Al-Cu-Mn на основе вторичного сырья, которая позволяет производить листовые полуфабрикаты без необходимости в сложных этапах термообработки, таких как закалка или гомогенизация. Этот подход позволяет снизить себестоимость производства. Полученные сплавы могут быть использованы для производства изделий, работающих в условиях высоких температур до 400 °C.

Диссертационная работа прошла апробацию, при этом сделаны доклады на конференциях различного уровня и опубликовано 10 работ в изданиях, входящих в базы данных Web of Science (Core Collection)/Scopus и перечень ВАК, а также получен 1 патент.



Замечания:

1. В табл. 3 и в тексте на стр. 14 приведены значения механических свойств листов, при этом их обозначения и термины не соответствуют принятым стандартам, например, «предел прочности» вместо «временное сопротивление» и т.п.
2. На стр. 8 автореферата указано, что экспериментальные слитки подвергали горячей прокатке при различных температурах 400 и 450 °С, но обоснования их выбора не приведено.
3. На наш взгляд более точным названием подраздела на стр. 21 автореферата было бы «Физико-механические свойства».

Однако эти замечания носят дискуссионный и уточняющий характер и не снижают научной ценности и практической полезности представленной диссертационной работы, которая полностью соответствует п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемых ВАК к кандидатским диссертациям, 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».

Выражаю согласие на включение своих персональных данных в аттестационные документы соискателя ученой степени кандидата технических наук Цыденова Кирилла Андреевича и их дальнейшую обработку.

Профессор кафедры «Обработка металлов давлением»  
института цветных металлов  
ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»,  
доктор технических наук, профессор,  
Заслуженный изобретатель РФ



Сидельников  
Сергей Борисович

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования «Сибирский федеральный университет»  
660025, г. Красноярск, пр. им. газеты «Красноярский рабочий», 95, ауд. 208,  
тел.: +7 (391) 206-37-31, e-mail: [sbs270359@yandex.ru](mailto:sbs270359@yandex.ru)  
Научная специальность 05.16.05 Обработка металлов давлением

7 февраля 2025 г.

