

УТВЕРЖДАЮ:

Первый проректор - проректор по
научной работе ФГБОУ ВО «Самарский
государственный технический
университет», доктор технических наук,
профессор

Невдашев Максим Владимирович

«12» мая 2022 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу Ван Яньху на тему «Развитие технологических основ термической обработки заготовок из сплавов системы Cu-Al, полученных методом проволочно-дугового аддитивного производства», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.1.

Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов

Актуальность темы диссертационного исследования

Сплавы на основе Cu-Al обладают повышенной износостойкостью и коррозионной стойкостью. Они нашли широкое применение в аэрокосмической, энергетической, автомобильной и других отраслях промышленности. Однако традиционные методы (вакуумная плавка, плавка в дуговой печи, процессы порошковой металлургии и литье твердожидких композиционных материалов) изготовления характеризуются повышенными энерго- и трудоемкостью, высокой себестоимостью, что серьезно ограничивает применение данных сплавов. Аддитивное производство, как новый метод изготовления, имеет преимущества в виде короткого цикла, высокой эффективности и гибкости и может преодолеть недостатки традиционного производства. Проволочно-дуговое аддитивное производство на основе холодного перехода металла имеет низкое тепловложение и может уменьшить разбрызгивание, что подходит для получения сплавов системы Cu-Al. Вышесказанным определяется **актуальность** данной диссертации.

Структура и содержание диссертации

Диссертация содержит введение, 6 глав, заключение, библиографический список из 132 наименования и 7 приложений.

Во введении показана актуальность диссертационной работы, степень разработанности темы диссертация, сформулирована цель и определены задачи диссертационного исследования, отражена научная новизна работы, теоретическая ценность и практическая значимость полученных результатов, выносимые на защиту, а также представлена информация об апробации результатов исследования и публикациях автора по теме диссертации.

В первой главе представлен аналитический обзор по тематике диссертационного исследования. Представлены история создания и способы получения сплавов системы Cu-Al. На основе проведенного анализа

сформулирована цель работы и определены задачи диссертационного исследования.

Вторая глава знакомит с оборудованием, используемым в диссертации.

В третьей главе представлено влияние термической обработки на свойства и пластическую деформацию сплавов Cu-Al. Показано, что после термической обработки интерметаллические соединения CuAl_2 и Cu_9Al_4 переходят в твердый раствор Cu-Al, что способствует упрочнению твердого раствора и, таким образом, улучшает свойства сплава Cu-Al.

В четвертой главе представлены состав, микротвердость, микроструктура, характеристики распределения элементов и свойства при растяжении сплава Cu-Al-Si. Показано, что Si улучшает текучесть ванны расплава и способствует равномерному распределению сплава, а также улучшению свойств. Проанализировано распределение элементов в сплаве на границе слоя наплавки и центральной области слоя наплавки в процессе проволоочно-дугового аддитивного производства.

В пятой главе представлены состав, твердость, микроструктура, характеристики распределения элементов и свойства при растяжении сплава Cu-Al-Si-Mg, а также изучено влияние термической обработки на его свойства. Показано, что добавление Si и Mg повышает микротвердость и прочность сплава Cu-Al. После термической обработки установлено улучшение свойств сплава и ускорение образования Mg_2Si .

Шестая глава представляет собой практическое применение результатов диссертации. Система для быстрой подготовки сплавов Cu-Al была разработана на основе оборудования для аддитивного производства с двойной подачей проволоки. Она использована для изготовления деталей из сплава Cu-Al с ожидаемым экономическим эффектом 1 млн. руб.

В выводах по работе обобщены результаты выполненного исследования.

Каждая глава содержит важные результаты научных исследований автора и сопровождается развернутыми выводами. Общее оформление работы соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям.

В целом рассмотренная диссертация представляет собой самостоятельную, законченную научно-квалификационную работу. Основные материалы опубликованы в 14 научных работах, которые полностью отражают основное содержание диссертации, из которых 7 статей в рецензируемых научных изданиях, включенных в международные базы Scopus и Web of Science. По результатам исследований получен один патент РФ на изобретение.

Научную новизну результатов, полученных Ван Я. представляют следующие результаты диссертации:

1. Изучено влияние термической обработки на свойства сплавов систем Cu-Al и Cu-Al-Si-Mg при проволоочно-дуговом аддитивном производстве и выявлено, что термическая обработка улучшает зеренную структуру в сплаве.
2. Выявлены особенности распределения элементов Al и Si на границе слоя наплавки и в центральной области слоя наплавки в сплаве Cu-Al-Si методом проволоочно-дуговой аддитивной технологии.

3. Установлен механизм влияния добавок Si и Mg на микроструктуру и свойства сплавов Cu-Al, полученных по проволочно-дуговой аддитивной технологии.

Теоретическая и практическая значимость диссертации заключается в установлении закономерностей влияния термической обработки на сплавы системы Cu-Al, изменение их механических свойств, структуры и фазового состава, а также в реализации аддитивного производства сплавов Cu-Al путем послойного наплавления через две независимые сварочные проволоки.

В результате исследований углублены знания о физических процессах формирования структуры и свойств сплавов системы Cu-Al, полученных по аддитивной технологии из проволок разного состава.

Рекомендации по использованию результатов диссертации

Результаты и выводы диссертации рекомендуется использовать в научных коллективах учебных заведений и проектных организаций, занимающихся вопросами аддитивных технологий. К ним относятся Московский государственный технологический университет «СТАНКИН», Самарский университет, Московский авиационный институт, Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», Сибирский государственный индустриальный университет, Уфимский государственный авиационный технический университет и др. Результаты исследований имеют практическое значение и рекомендуются предприятиям, производящим продукцию из сплавов системы Cu-Al. В то же время аддитивное производство других металлов также может использоваться на основе анализа результатов диссертационной работы.

Оценка содержания диссертации

Объем и содержание диссертационной работы по степени научной новизны и практической значимости удовлетворяет требованиям ВАК Российской Федерации, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Анализ содержания диссертационной работы убеждает в ее завершенности. Содержание диссертации изложено в логической последовательности, а принятая терминология и стиль изложения соответствует общепринятым нормам.

Автореферат в полной мере отражает содержание диссертационной работы и ее основные положения.

Диссертационная работа соответствует специальности 2.6.1. Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов. В частности, в работе исследованы следующие области, отраженные в паспорте специальности: 3. Теоретические и экспериментальные исследования влияния разнородных структур, в том числе кооперативного, на физические, химические, механические, технологические и эксплуатационные свойства металлов и сплавов, их моделирование и прогнозирование; 4. Теоретические и экспериментальные исследования термических, термоупругих, термопластических, термохимических, термомагнитных, радиационных, акустических и других воздействий на изменение структуры и свойств металлов и сплавов, их моделирование и прогнозирование; 9. Разработка новых

принципов конструирования и моделирования структур сплавов (включая создание технологий их получения), обладающих заданным комплексом свойств, в том числе для работы в экстремальных условиях.

Замечания по диссертационной работе

1. В предпоследнем абзаце на стр. 12 текста диссертации сказано: «В последние десятилетия материалы, имеющие медь и алюминий в своем составе, активно изучаются и применяются на практике благодаря комбинации многочисленных уникальных свойств биметаллов»? Что автор подразумевает под термином «биметалл»?
2. На рис. 1.6 текста диссертации представлены различные детали, полученные с применением аддитивных технологий. Подрисовочная подпись не соответствует содержанию рис. 1.6 («...производства металлов...»). Пример «Лопатки турбины» по факту не является лопатками. Судя по виду – это «Крыльчатка» или просто «Турбина» и, вряд ли данная деталь получена аддитивным производством.
3. В подразделе 2.1 текста диссертации представлено избыточное количество фотографий типового оборудования (рис. 2.3, 2.4, 2.5, 2.6 и т.д.). Зачем приводить излишнюю информацию, когда в тексте указаны модели оборудования?
4. В табл. 2.2 текста диссертации представлены неприемлемые для технического текста характеристики качества шва: «прерывистый», «зауженный», «хороший», «слегка зауженный». Следовало бы привести отклонения фактических геометрических размеров шва от заданных.
5. Какой стандарт использовался для изготовления образца при испытаниях на растяжение (рис. 2.21 текста диссертации)?
6. Различаются маркировки графиков на рис. 3.2 текста диссертации и рис.1, б автореферата. На каком из рисунков информация представлена корректно?
7. В табл. 3.1 текста диссертации интервалы значений для относительного удлинения перекрываются. Увеличение относительного удлинения на 7%, вычисленное по средним значениям, является, скорее, погрешностью (или точностью) метода (устройства) измерения.
8. На рис. 3.7 текста диссертации трещина (1) представлена в качестве рисованной линии. Возникает вопрос: зачем искажать реальную трещину рисованной?
9. На стр. 61 в тексте предпоследнего абзаца представлен термин «полосы скольжения», в экспликации к рис. 3.8 текста диссертации – «полоса сдвига». Вопрос: что автор подразумевает под указанными терминами?

В целом указанные замечания не оказывают существенного влияния на основные научные и практические результаты и не затрагивают основных положений, вынесенных соискателем на защиту.

Заключение

Представленная диссертация актуальна, полученные результаты достоверны, обладают научной новизной и практической значимостью и достаточно полно опубликованы в рецензируемых изданиях. Основные

положения и результаты диссертационной работы обсуждены на научных конференциях и достаточно полно опубликованы в научной печати.

Диссертационная работа Ван Яньху является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи развития технологических основ получения проволоочно-дуговым аддитивным производством с последующей термической обработкой сплавов системы Cu-Al, имеющей важное значение для металловедения и термической обработки металлов и сплавов и полностью соответствует критериям, которым должна отвечать диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук, установленных п.9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. №842 (с изменениями, внесенным Постановлением Правительства РФ от 21 апреля 2016 г. №335). Автор диссертации Ван Яньху 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 расширенном семинаре кафедры «Литейные и высокоэффективные технологии» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный технический университет», протокол №3 от 05.05.2022 г. Присутствовало на семинаре 15 человек. Результаты голосования: «за» - 15 человек, «против» - нет, «воздержалось» - нет.

Доктор технических наук, профессор, декан факультета машиностроения, металлургии и транспорта, профессор кафедры «Литейные и высокоэффективные технологии»

Никитин Константин Владимирович

Контакты: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный технический университет». **Адрес:** 443100, Самарская область, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244, главный корпус ФГБОУ ВО «СамГТУ». **Телефон.:** +7(846) 333 61 01; моб. тел. +7 (927) 714 03 21. **E-mail:** kvn-6411@mail.ru

Подпись Никитина Константина Владимировича удостоверяю

Ученый секретарь СамГТУ, д-р техн. наук

Ю.А. Малиновская

