

«УТВЕРЖДАЮ»



Проректор по научной работе НГТУ
Доктор технических наук, профессор

Вострецов А.Г.
«22» ноября 2018 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу Кутеневой Светланы Валерьевны

«Структура и свойства полученных сваркой взрывом и пакетной прокаткой слоистых композитов на основе низкоуглеродистых сталей, меди, алюминия и его сплавов»,

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.09 – Материаловедение (в машиностроении).

Актуальность темы диссертации

Слоистые металлические композиционные материалы (СМКМ) конструкционного и функционального назначения, являющиеся разновидностью многокомпонентных композиционных материалов, в настоящее время находят все более широкое применение в химической, нефтедобывающей, авиакосмической и атомной промышленности благодаря возможности получения в них таких трудносочетаемых свойств как высокая прочность, пластичность, ударная вязкость, коррозионная стойкость, электро- и теплопроводность. Разработка новых составов, конструкций и режимов обработки, выявление закономерностей формирования структуры и свойств СМКМ в процессе их получения соответствует приоритетным направлениям развития современного материаловедения в машиностроении. Получение нового знания о связи «состав – структура – свойства» слоистых композиционных материалов, формируемых в процессах интенсивного деформационного и высокоэнергетического воздействия, направлено на достижение уникального сочетания функциональных и физико-механических свойств.

Тема диссертационной работы С.В. Кутеневой, посвященной изучению закономерностей структурообразования и формирования физико-механических свойств полученных методами сварки взрывом и пакетной прокатки СМКМ на основе низкоуглеродистых сталей, меди, алюминия и его сплавов, представляется вполне **актуальной.**

Основное содержание диссертации

Диссертационная работа изложена на 145 страницах и состоит из 6 глав, введения, заключения, списка литературы, включающего 197 источников, 3 приложений. Диссертация содержит 80 рисунков и 20 таблиц. Результаты диссертационной работы представлены в научной печати в виде 17 научных трудов, из них 10 статей в рецензируемых научных журналах из списка ВАК, получено 2 патента РФ на изобретение.

Во **введении** обоснована актуальность темы диссертации, сформированы цель и задачи работы, выделена научная новизна работы, ее теоретическая и практическая значимость, представлены основные положения, выносимые на защиту, личный вклад диссертанта и апробация работы на всероссийских и международных конференциях.

В первой главе приведен литературный обзор научных работ, освещающих вопросы формирования межслойных границ, структуры слоев в составе слоистых композитов на основе низкоуглеродистых сталей и цветных металлов, в том числе с консолидированными порошковыми прослойками, а также некоторые аспекты формирования механических свойств СМКМ разного состава. Рассмотрены основные известные твердофазные способы получения СМКМ, включающие сварку взрывом, пакетную прокатку и методы интенсивной пластической деформации. Отмечено, что вопросы формирования структуры и физико-механических свойств нейтронозащитных слоистых бороалюминиевых композитов с сэндвич-структурой, получаемых методами горячей прокатки, остаются малоизученными. Сформулированы цель и задачи исследования.

Во второй главе описаны материалы и методы исследования структуры и физико-механических свойств СМКМ и их исходных составляющих. Приведен химический состав исходных материалов, в качестве которых использовались низкоуглеродистые стали (09Г2С, IF(001ЮТ), сталь 20, ЭП678), медь марки М1, алюминий марки АД0 и алюминиевые сплавы (АМг3, АМц, АВ), а также порошки Al и В₄С. Изложены методы получения слоистых композитов и режимы термической, деформационной и деформационно-термической обработки СМКМ и их составляющих.

В третьей главе изучены особенности строения межслойных границ, структура слоев, механические свойства и характеристики ударной вязкости трехслойного композита «медь М1 - сталь 20 - медь М1», полученного сваркой взрывом с последующей холодной прокаткой с суммарной степенью обжатия 50 %, а также его

исходных составляющих стали 20 и меди М1. Установлено, что в околошовной зоне медно-стального композита образуются зоны локального расплавления с гетерофазной субмикроструктурной структурой. Выявлены основные механизмы структурообразования в стальном и медных слоях композита, определяющие формирование комплекса его механических свойства в процессе взрывного нагружения и последующего холодного деформирования. Показано, что прочностные свойства сварного композита в 1,8-3,5 раза превосходят его основной компонент медь М1, а последующая холодная прокатка вызывает дополнительный рост прочности слоистого материала преимущественно за счет упрочнения стального слоя, связанного с формированием в нем ламельной диспергированной структуры. Автором диссертации проанализированы результаты инструментированных ударных испытаний трехслойных медно-стальных композитов с ориентацией надреза по тормозящему и разветвляющему типу в сравнении с их исходными составляющими.

В четвертой главе изучено строение границ раздела, микроструктура, микротвердость и физико-механические свойства 7-, 11- и 27-слойных сталеалюминиевых композитов на основе сталей IF(001ЮТ), 09Г2С, алюминия АД0 и алюминиевого сплава АМц, полученных методом пакетной прокатки, а также их составляющих в исходном состоянии и после деформационно-термической обработки. Экспериментально установлено, что пакетная прокатка в интервале температур 520-600 °С с обжатием 45-70 % позволяет объединить в одном технологическом цикле процессы получения сталеалюминиевых композитов «IF(001ЮТ) - АД0» и «09Г2С-АМц» и создания в их слоях диспергированной в 1,5-10 раз зеренно-субзеренной структуры по сравнению с исходным состоянием. Это обеспечивает повышение в 1,2-2,0 раза прочностных свойств композитов по сравнению со стальной основой. Показано, что образцы композита «09Г2С - АМц» при ориентации фронта трещины по тормозящему типу при ударных испытаниях в интервале температур – 196...+20 °С полностью не разрушаются и характеризуются высокими значениями ударной вязкости за счет введения пластичных прослоек сплава АМц, диспергирования структуры стальных слоев и создания межслойных границ раздела.

Пятая глава посвящена сравнительному исследованию химического состава границ раздела, микроструктуры и механических свойств 5- и 7-слойных композитов «09Г2С - ЭП678», полученных методами сварки взрывом и пакетной прокатки с последующей термической обработкой по режиму, обеспечивающему одновременное упрочнение слоев стали мартенситно-стареющей стали ЭП678 и разупрочнение слоев

стали 09Г2С. Важным результатом работы является показанная возможность повышения прочностных свойств и ударной вязкости сварного композита «09Г2С - ЭП678» за счет введения слоев стали ЭП678 с предварительно сформированной ультрамелкозернистой структурой. Впервые проведено сравнительное исследование композитов с одинаковой объемной долей составляющих, полученных альтернативными методами: горячей прокаткой и сваркой взрывом. Установлено, что уровень прочностных свойств горячекатаных композитов в 1,2-1,4 раза ниже чем у сваренных взрывом, в то время, как их ударная вязкость при комнатной и пониженных температурах выше ударной вязкости образцов, сваренных взрывом, благодаря усилению эффекта торможения роста трещины в магистральном направлении границами раздела слоев. Значительный интерес представляет также выявленная диссертантом стадийность процесса разрушения изученных слоистых композитов в условиях ударных испытаний при ориентации фронта трещины перпендикулярно плоскости сопряжения слоев.

В шестой главе представлены результаты исследования структуры, фазового состава, механических и теплофизических свойств полученных защищенными патентами РФ способами слоистых бороалюминиевых композитов гибридного типа, рассматриваемых в качестве перспективного заменителя нейтронозащитной боросодержащей стали ЧС82. По результатам анализа химического состава исходных материалов, структурных исследований и механических испытаний бороалюминиевых композитов с консолидированной при горячей прокатке Al/25%B₄C прослойкой определена морфология и состав исходных порошков Al и B₄C, обеспечивающих получение повышенного комплекса механических свойств композита. Автором показано, что Al/B₄C-композит по удельной прочности и теплофизическим свойствам превосходит сталь ЧС82, а по показателю теплопроводности полностью соответствует требованиям ядерной безопасности для нейтронозащитных материалов. Полученные результаты позволяют рекомендовать данный композит для использования в атомной промышленности.

В заключении сформированы основные выводы по диссертационной работе.

Научная новизна работы диссертационной работы заключается в полученных данных структурного анализа межслойных границ сварного композита «медь М1 - сталь 20 - медь М1», на которых были выявлены участки локального расплавления с гетерофазной субмикроструктурной структурой и разноразмерными

фрагментами стали 20. К новым научным результатам можно отнести выявленное повышение прочностных свойств сталеалюминиевых и стальных композитов за счет диспергирования структуры слоев в процессе их получения методом пакетной прокатки, а также введения в состав сварных композитов слоев стали ЭП678 с ультрамелкозернистой структурой. Интересными в научном отношении являются также новые результаты по изучению особенностей и, в частности, выявленная стадийность процесса разрушения слоистых материалов, связанная с прохождением трещиной различных слоев композита и возникновением расслоений на межслойных границах. Новым научным результатом диссертационной работы является установленное влияние состава и дисперсности исходных порошков Al и B_4C на формирование структуры и физико-механических свойств слоистых бороалюминиевых композитов с плакирующими слоями из Al-сплавов.

Степень обоснованности научных положений, результатов, выводов обеспечивается воспроизводимостью результатов опытов, согласованием их с известными литературными данными, применением комплекса современных методов исследования и использованием современных приборов анализа фазового состава, структуры и свойств.

Выводы соответствуют цели и задачам диссертации.

Практическая значимость работы заключается в разработке новых составов, конструкций и режимов деформационно-термической обработки сварных и горячекатаных стальных, медно-стальных и сталеалюминиевых слоистых композитов с повышенными по сравнению с монолитными составляющими прочностными свойствами и характеристиками ударной вязкости.

Полученные результаты диссертационной работы могут быть использованы при разработке и опытно-промышленном внедрении новых способов получения нейтронозащитных слоистых Al/ B_4C -композитов с плакирующими слоями из алюминиевых сплавов для нужд атомной промышленности, о чем свидетельствует справка от ФГУП «РФЯЦ-ВНИИТФ им. академика Е.И. Забабахина» (приложение В).

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Результаты, полученные в диссертационной работе С.В. Кутеневой, могут быть использованы:

- на машиностроительных предприятиях для обоснования процессов формирования структуры и комплекса физико-механических свойств сварных и горячекатаных слоистых композитов на основе низкоуглеродистых сталей, алюминия и меди и выборе режимов их дополнительной деформационно-термической обработки;
- в ФГУП «РФЯЦ-ВНИИТФ им. академика Е.И. Забабахина» при разработке новой деформационной технологии получения листовых бороалюминиевых нейтронозащитных композитов для чехловых корзин транспортно-упаковочных комплектов (ТУК), предназначенных для перевозки и хранения отработавшего ядерного топлива.

Замечания

1. Теплофизические свойства в работе изучались только на образцах из порошковой Al/B_4C прослойки бороалюминиевого композита, хотя исследования должны проводиться на цельном композите «АМгЗ - Al/B_4C - АМгЗ».

2. Не совсем ясно, как из общей зафиксированной при ударных испытаниях работы A выделялись работа зарождения трещины A_z и работа ее распространения A_p , если диаграммы ударного нагружения слоистых композитов с ориентацией надреза по тормозящему типу носят преимущественно ступенчатый характер.

3. Не для всех композитов указана объемная доля составляющих, значения которых используются для расчета предела прочности по правилу смесей.

4. Имеются отдельные неточности и стилистические ошибки в тексте диссертации: на странице 8 приведена аббревиатура УЗМ и ТУК без полной расшифровки в тексте, расположенном выше; неправильно указано увеличение на виде боковых поверхностей ударных образцов в тексте диссертации на рисунке 6.10.

Заключение

Диссертация Кутеневой С.В. представляет собой законченную научно-квалификационную работу на актуальную тему, в которой изложены новые научно обоснованные технические и технологические решения, имеющие существенное значение для развития страны. Диссертационная работа изложена грамотным научно-техническим языком и хорошо оформлена. Выводы и результаты научно обоснованы и

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

Научные результаты, полученные автором диссертации, имеют существенное прикладное значение. Объем и содержание диссертационной работы по степени научной новизны и практической значимости удовлетворяет требованиям ВАК Российской Федерации, предъявляемым к кандидатским диссертациям.

Работа отвечает требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 (ред. От 02.08.2016 г.), а ее автор, Кутенева Светлана Валерьевна, заслуживает присвоения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.09 - Материаловедение (в машиностроении).

Отзыв на диссертацию и автореферат обсужден на заседании кафедры материаловедения в машиностроении ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет» 22 ноября 2018 г., протокол № «10».

Председатель семинара, заведующий кафедрой
материаловедения в машиностроении
Федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«Новосибирский государственный технический
университет» (НГТУ), доктор технических наук
(05.16.09 – материаловедение в
машиностроении), профессор


Буров Владимир Григорьевич

Почтовый адрес: НГТУ, проспект К. Маркса, 20,
г. Новосибирск, 630073
телефоны: +7-913-370-98-10, (383)3460612
e-mail: v.burov@corp.nstu.ru

Секретарь, доцент кафедры материаловедения
в машиностроении НГТУ, кандидат технических наук
(05.16.09 – материаловедение в
машиностроении)


Огнева Татьяна Сергеевна

Дата подписания отзыва: 22 ноября 2018 г.

“Подписи Булова Владимира Григорьевича
и Огневой Татьяны Сергеевны заверяю”
Ученый секретарь НГТУ,
доктор технических наук,
профессор




Шумский Геннадий Михайлович