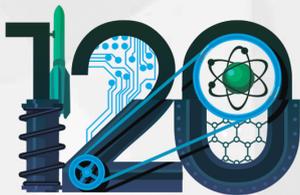




МИНИСТЕРСТВО НАУКИ
И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



Российский
научный
фонд



ПОЛИТЕХ

Санкт-Петербургский
политехнический университет
Петра Великого



XXI МЕНДЕЛЕЕВСКИЙ СЪЕЗД
по общей и прикладной химии

МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
СОВРЕМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ПЕРЕДОВЫЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

INTERNATIONAL CONFERENCE
MODERN MATERIALS AND ADVANCED MANUFACTURING TECHNOLOGY

МЕЖДУНАРОДНАЯ ШКОЛА
МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ
**ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ:
ОТ ИЗОБРЕТЕНИЯ ДО ВНЕДРЕНИЯ**

INTERNATIONAL YOUTH SCIENTIFIC
AND TECHNICAL CONFERENCE
**PERSPECTIVE MATERIALS AND TECHNOLOGIES:
FROM INVENTION TO IMPLEMENTATION**

СМППТ 2019



ММАМТ 2019

26 июня 2019
Санкт-Петербург

June 26, 2019
St. Petersburg

Министерство образования и науки Российской Федерации

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ПЕТРА ВЕЛИКОГО

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ:
ОТ ИЗОБРЕТЕНИЯ ДО ВНЕДРЕНИЯ

Труды Международной школы молодых ученых

26 июня 2019 года

Санкт-Петербург 2019

Перспективные материалы и технологии: от изобретения до внедрения : труды Международной школы молодых ученых, 26 июня 2019 г. – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2019. – 36 с.

Основной задачей конференции является представление и обсуждение новейших научных результатов фундаментальных исследований и практических достижений в области разработки новых металлических и композиционных материалов с высоким уровнем эксплуатационных свойств, а также технологии их производства. Представлены тезисы докладов конференции, отражающие современное состояние исследований и практических приложений в области перспективных материалов и технологий их производства.

Доклады опубликованы в авторской редакции.

При поддержке Российского Научного Фонда.

Организаторы конференции

Министерство науки и высшего образования РФ
Российская Академия наук
Отделение химии и наук о материалах
Санкт – Петербургский политехнический университет Петра Великого
Российский научный фонд

Conference Organizers

Ministry of Education and Science of the Russian Federation
Russian Academy of Sciences
Department of Chemistry and Material Science
Peter the Great Saint Petersburg Polytechnic University
Russian Science Foundation

Председатель конференции

ак. РАН Рудской А.И.

Программный комитет

Председатель

чл.-к. РАН Карпов М.И.

Члены программного комитета

ак. РАН Алдошин С.М.
ак. РАН Алешин Н.П.
ак. РАН Банных О.А.
ак. РАН Гречников Ф.В.
ак. РАН Солнцев К.А.
ак. РАН Иевлев В.М.
ак. РАН Ильин А.А.
ак. РАН Каблов Е.Н.
ак. РАН Кузнецов Н.Т.
ак. РАН Леонтьев Л.И.
ак. РАН Лысак В.И.
ак. РАН Ляхов Н.З.
ак. РАН Смирнов Л.А.
ак. РАН Счастливец В.М.
ак. РАН Устинов В.В.
ак. РАН Шевченко В.Я.
ак. РАН Цивадзе А.Ю.
чл.-к. РАН Комлев В.С.
чл.-к. РАН Алымов М.И.
чл.-к. РАН Баринов С.М.
чл.-к. РАН Бачурин С.О.

чл.-к. РАН Бурханов Г.С.
чл.-к. РАН Григорович К.В.
чл.-к. РАН Индейцев Д.А.
чл.-к. РАН Кведер В.В.
чл.-к. РАН Мулюков Р.Р.
чл.-к. РАН Рыбин В.В.
чл.-к. РАН Сагарадзе В.В.
проф. Глезер А.М.
проф. Добаткин С.В.
проф. Колобов Ю.Р.
проф. Левашов Е.А.
д.т.н. Орыщенко А.С.
проф. д.ф.м.н. Бетехтин В.И.
проф. Кристоф Зоммич (Австрия)
проф. Франц Хас (Австрия)
д-р Ли Донг Вон (Юж. Корея)
проф. Валиев Р.З

Организационный комитет

Председатель

проф. Боровков А.И.

Заместитель председателя

проф. Кораблёв В.В.

Члены оргкомитета

проф. Гюлиханданов Е.Л.
проф. Золотов А.М.
проф. Коджаспиров Г.Е.
проф. Кондратьев С.Ю.
ак. НАН Белоруссии Витязь П.А.
проф. Попович А.А.
доц. Наумов А.А.
проф. Толочко О.В.
к. пед. н. Карпов Д.А.
проф. Цеменко В.Н.
проф. Платов С.И.
нач. ОКД Смирнова А.Л.
проф. Апостопоулос Х. (Греция)
проф. Х. Даннингер (Австрия)
проф. Х. Дыя (Польша)
проф. Е. Кауппинен (Финляндия)

проф. Клибер И. (Чехия)
проф. Н. Собчак (Польша)
д-р Ван Цин Шен (КНР)
проф. Инь Фуси (КНР)
проф. П. Карьялайнен (Финляндия)
д-р Илана Тимохина (Австралия)
д-р Р. Шабади (Франция)
д-р Е. Поляк (США)

ОГЛАВЛЕНИЕ

Аврамишин Б.В., Котов С.А., Федоров Е.М. ПЕРЕРАБОТКА ТВЕРДОСПЛАВНОГО ИНСТРУМЕНТА. ИЗГОТОВЛЕНИЕ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ИЗ ВТОРИЧНОГО ПОРОШКА	8
Басков Ф.А., Сентюрин Ж.А., Логачев И.А., Логачева А.И. ЭВОЛЮЦИЯ МИКРОСТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ СПЛАВА ЭП741НП, ПОЛУЧЕННОГО МЕТОДОМ СЛС, В ПРОЦЕССЕ ПОСЛЕДУЮЩИХ ГИП И ТЕРМООБРАБОТКИ	9
Богданова К.И., Другачук С.Д., Кравченко Т.О., Котов С.А. МОДЕЛИ УПЛОТНЕНИЯ МЕДНЫХ ПОРОШКОВ С РАЗЛИЧНЫМИ СВОЙСТВАМИ.	11
Борисов А.С., Дорощенко А.Ю, Наумов А.А. ВЛИЯНИЕ ИНТЕНСИВНОЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ НА ФОРМИРОВАНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ ЦВЕТНЫХ СПЛАВОВ	12
Замоздра М.Ю., Ганин С.В., Цеменко В.Н. МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЗАГОТОВОК ПОСЛЕ ГОРЯЧЕЙ ЭКСТРУЗИИ МАГНИЕВОЙ СТРУЖКИ	13
Исупов Ф.Ю., Рыльков Е.Н., Наумов А.А., Панченко О.В. МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ ПРИ ОСАДКЕ РАСХОДУЕМОГО ИНСТРУМЕНТА ИЗ СПЛАВА Al5Mg В ПРОЦЕССЕ СОЗДАНИЯ ПОКРЫТИЯ ТРЕНИЕМ С ПЕРЕМЕШИВАНИЕМ	14
Кладов И.В., Хисматуллин А.Р., Панченко О.В., Курушкин Д.В. ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ WAAM ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ГРАДИЕНТНОЙ СТРУКТУРЫ АУСТЕНИТНОЙ НЕРЖАВЕЮЩЕЙ СТАЛИ С НИЗКОЛЕГИРОВАННОЙ СТАЛЬЮ ПОВЫШЕННОЙ ПРОЧНОСТИ	16
Мальцев Н.А., Наумов А.А. ИССЛЕДОВАНИЕ ТРУБНЫХ СТАЛЕЙ НА СКЛОННОСТЬ К КОРРОЗИОННОМУ РАСТРЕСКИВАНИЮ	18
Т.Ю. Махмутов, Н.Г. Разумов, А.Э. Ким, А.А. Попович СИНТЕЗ ПОРОШКА ВЫСОКОЭНТРОПИЙНОГО СПЛАВА CoCrFeNiMnW ДЛЯ МАШИН АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА.	19

Митрофанов И.В., Назаров Д.С., Попович А.А., Максимов М.Ю. АТОМНО-СЛОЕВОЕ ОСАЖДЕНИЕ ОКСИДНОЙ СИСТЕМЫ ЛИТИЙ-КРЕМНИЙ-ОЛОВО ДЛЯ ТВЕРДОТЕЛЬНЫХ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ ЛИТИЕВЫХ ИСТОЧНИКОВ ТОКА	20
Музафарова С.-В.Р., Котов С.А., Батурова Л.П., Береснева Ю.С. ОЦЕНКА МЕТОДОВ ФОРМОВАНИЯ ПОРОШКОВ ТЕРМОРАСШИРЕННОГО ГРАФИТА С РАЗЛИЧНЫМИ ИСХОДНЫМИ СВОЙСТВАМИ	22
Ожегов М.А., Наумов А.А. ТОЧЕЧНАЯ СВАРКА ТРЕНИЕМ С ПЕРЕМЕШИВАНИЕМ: ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ В АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИИ	24
Прохоров Д.И., Ганин С.В., Михайлов В.Г., Морозова Ю.Н. ПОЛУЧЕНИЕ СЛОЯ ПЕНОМАТЕРИАЛА АРГОНО- ДУГОВОЙ СВАРКОЙ	25
Рулимов А.А., Мишин В.В., Немов С.А. КОРРЕЛЯЦИЯ РАДИАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И ОСОБЕННОСТЕЙ НАПРЯЖЁННО- ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ В СЕЧЕНИИ ЭКСТРУДИРОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ Sb₂Te₃	27
Скворцова А.Н., Толочко О.В., Кольцова Т.С., Фармаковский Б.В., Кузнецов П.А. СОЗДАНИЕ ОБЪЕМНОГО КОМПОЗИЦИОННОГО ПОРОШКОВОГО МАТЕРИАЛА СИСТЕМЫ «АЛЮМИНИЙ-УГЛЕРОДНЫЕ НАНОВОЛОКНА» И ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКРЫТИЙ НА ИХ ОСНОВЕ	29
Хисматуллин А.Р., Кладов И.В., Панченко О.В., Курушкин Д.В. ПОЛУЧЕНИЕ СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ НА ОСНОВЕ ПРОВОЛОКИ ИЗ СПЛАВА Ti-Ni	31
Юнусов Ф. А, Лароионва Т.В, Толочко О. В, Бобрынина Е.В РАЗРАБОТКА МЕТАЛЛО-МАТРИЧНЫХ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ АЛЮМИНИЯ, УПРОЧНЕННЫМИ ФУЛЛЕРЕНАМИ	33

Аврамишин Б.В.¹, Котов С.А.¹, Федоров Е.М.²

ПЕРЕРАБОТКА ТВЕРДОСПЛАВНОГО ИНСТРУМЕНТА. ИЗГОТОВЛЕНИЕ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ИЗ ВТОРИЧНОГО ПОРОШКА

¹Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

²АО Серпуховский Завод «Твинтос»

Порошки карбида вольфрама и кобальта имеют стратегическое значение для инструментального производства, а также имеют высокую цену. Переработка изношенного инструмента и использование полученных порошков позволит снизить количество закупаемых порошков, а в дальнейшем полностью перейти на обеспечение производства собственными порошками.

В современном мире процессы оптимизации расходов и многократного использования ресурсов занимают важную часть в любом производстве. Возможность осуществления полного замкнутого цикла производства изделий позволяет снизить издержки, не зависеть от поставщиков материала и занимать конкурентоспособную позицию на рынке.

В работе был произведен обзор известных способов переработки твердосплавного инструмента для получения вторичных порошков, подбор режима переработки, производство инструмента и сравнение полученного инструмента со стандартным.

В ходе работы был выбран определенный метод переработки инструмента для конкретного производства с учетом технологических особенностей предприятия.

В результате исследования был получен инструмент, проведен сравнительный анализ со стандартным инструментом, сделаны выводы по работе.

В качестве заключения можно сказать, что предложенный метод осуществим на практике и позволяет получать изделия с достаточно высокими свойствами.

Басков Ф.А.^{1,2}, Сентюринна Ж.А.^{1,2}, Логачев И.А.^{1,2}, Логачева А.И.²

ЭВОЛЮЦИЯ МИКРОСТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ СПЛАВА ЭП741НП, ПОЛУЧЕННОГО МЕТОДОМ СЛС, В ПРОЦЕССЕ ПОСЛЕДУЮЩИХ ГИП И ТЕРМООБРАБОТКИ

¹АО «Композит», Королев, Россия

²НИТУ МИСиС, Москва, Россия

Жаропрочные никелевые сплавы являются одними из самых распространённых сплавов в ракетно-космическом и авиационном двигателестроении. Это обусловлено превосходной комбинацией их механических и эксплуатационных свойств при повышенных температурах (600-800 °С). Однако получение деталей сложной геометрии из сильнолегированных жаропрочных никелевых сплавов всегда являлось трудоемким и дорогостоящим процессом. Перспективным решением данной проблемы является использование технологии селективного лазерного сплавления, которая позволяет изготавливать изделия сложной формы за один технологический цикл посредством послойного лазерного синтеза порошкового материала по данным САД-моделям.

Зачастую заготовки и детали, полученные методом СЛС, характеризуются сильными термическими напряжениями в следствии быстрого охлаждения расплава в процессе синтеза, структурной анизотропией и наличием остаточной внутренней пористости. Для устранения указанных эффектов используют технологические операции горячего изостатического прессования (ГИП) для устранения структурных дефектов и термической обработки (ТО) для придания материалам эксплуатационных характеристик.

Целью данной работы являлось изучение влияния ГИП и ТО на микроструктуру и свойства экспериментальных образцов, полученных по различным режимам СЛС. В качестве объекта исследования использовался жаропрочный никелевый сплав ЭП741НП, предназначенный для изготовления дисков и других элементов турбин. Исходный порошковый материал для процесса СЛС получен методом плазменного центробежного распыления в АО «Композит». В ходе разработки режимов СЛС было отобрано четыре режима, обеспечивающих получение образцов с пористостью меньше 1 %. Для данных образцов проведен комплекс ГИП и ТО по стандартным режимам для сплава ЭП741НП. В таблице 1 приведены сравнительные результаты механических испытаний при комнатной температуре для одного из типов экспериментальных образцов.

Таблица 1 – Механические свойства образцов в зависимости от вида обработки

Состояние образца	σ_b , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ , %	ψ , %
СЛС	1083 ± 89	853 ± 42	10,5 ± 4,3	11,9 ± 4,5
СЛС + ГИП	1292 ± 25	811 ± 28	28,2 ± 4,2	19,7 ± 4,7
СЛС + ТО	1291 ± 29	995 ± 33	14,1 ± 1,9	9,7 ± 8,1
СЛС + ГИП + ТО	1455 ± 83	1023 ± 14	21,4 ± 6,7	17,3 ± 4,0

Из представленных данных можно сделать вывод, что наилучшими свойствами обладают образцы после ГИП с последующей ТО. В дальнейшем планируется проведение работ по выявлению влияния ГИП и ТО на структурную анизотропию и усталостные свойства материала.

Богданова К.И., Другачук С.Д., Кравченко Т.О., Котов С.А.

МОДЕЛИ УПЛОТНЕНИЯ МЕДНЫХ ПОРОШКОВ С РАЗЛИЧНЫМИ СВОЙСТВАМИ

Россия, г. Санкт-Петербург,
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Медные порошки широко используются в процессах порошковой металлургии. Областью их применения является машиностроительная, авиационная, металлургическая, химическая, электротехническая промышленности и др. Наиболее распространённый способ производства изделий из медных порошков – прессование. Получение заданной плотности прессовки является главным критерием качества изделия, определяющим его механические свойства.

В данной работе приведены исследования процесса уплотнения медных порошков марки ПМС-1 с различающимися свойствами – разный гранулометрический состав (далее гран. состав) (50, 50-63, 63-100, 100-200, 200-315, 315-400 мкм) и форма частиц (дендритная, сферическая, осколочная). Также авторы проверяют качество описания экспериментальных результатов моделями уплотнения порошковых сред Г.М. Ждановича и С. Торре. Модели представляют собой зависимости давления прессования от плотностных характеристик прессовки. Уравнение Г.М. Ждановича является зависимостью *усилия прессования* от *относительной плотности* прессовки [1]. Уравнение С. Торре связывает *давление прессования* с *пределом текучести* материала порошковой среды и *пористостью* прессовки [2].

Уравнение Г.М. Ждановича описало структурное уплотнение меди с дендритной формой частиц (размер частиц < 50 мкм). Уравнение С. Торре при значении предела текучести меди 300 МПа описало как структурное, так и пластическое уплотнение меди со сферической формой частиц и их размером 100-160 мкм с плотности прессовки не более 5%. Для моделирования плотности прессовок из порошков других гран. составов данные уравнения не подходят.

Список использованных источников:

1. Самодурова М. Н. и др. Теоретические и экспериментальные зависимости плотности от усилий компактирования порошковых заготовок //Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Металлургия. – 2013. – Т. 13. – №. 1.
2. Цеменко В. Н. Процессы порошковой металлургии. – Изд-во Политехн. ун-та, 2005.

Борисов А.С.¹, Наумов А.А.², Дорощенко А.Ю.¹

ВЛИЯНИЕ ИНТЕНСИВНОЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ НА ФОРМИРОВАНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ ЦВЕТНЫХ СПЛАВОВ

¹Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

²Центр Национальной технологической инициативы «Новые
производственные технологии» Санкт-Петербургского
политехнического университета Петра Великого, Россия, г. Санкт-
Петербург

Для исследования было взято несколько медных сплавов с добавлением Zn и Sn. Для того, чтобы определить влияние интенсивной пластической деформации (ИПД) на формирование микроструктуры, эти сплавы были подвергнуты интенсивной пластической деформации на термомеханическом симуляторе Gleeble-3800. В исследовании применялся частный случай 3-D ковки - 2-D ковка с использованием модуля для многоосевой деформации MaxStrain. Для обработки были разработаны два режима: 10 деформационных циклов (20 ударов) при комнатной температуре с суммарной степенью деформации больше 7; 20 деформационных циклов (40 ударов) при комнатной температуре с суммарной степенью деформации больше 17. Результаты анализа микроструктуры медных сплавов после физического моделирования представлены в исследовании.

Замоздра М.Ю.¹, Ганин С.В.², Цеменко В.Н.²

МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЗАГОТОВОК ПОСЛЕ ГОРЯЧЕЙ ЭКСТРУЗИИ МАГНИЕВОЙ СТРУЖКИ

¹Центр Национальной технологической инициативы «Новые производственные технологии» Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, Россия, г. Санкт-Петербург

²Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Производство деталей и изделий механической обработкой связано с получением большого количества стружковых отходов, в том числе и при использовании магния и его сплавов. В настоящее время актуально внедрение экономичных технологий переработки стружки в компактную форму, среди которых горячая экструзия магниевых отходов является весьма перспективной областью технологии порошковой металлургии как для массового серийного производства в различных отраслях промышленности, так и для получения изделий специального назначения с заданными свойствами.

Этим способом с минимальным количеством стадий переработки и хорошими экономическими показателями из стружки можно получить профиль – круг, уголок и более сложные формы, которые применимы в тех областях техники, где требуются материалы малой плотности и средние по величине показатели прочности.

Технология горячей экструзии обладает общеизвестными достоинствами методов классической порошковой металлургии – высоким коэффициентом использования материала, низкими капитальными вложениями. Горячая экструзия позволяет избежать применения такой важной для порошковой металлургии операции, как спекание.

В работе осуществлен процесс получения заготовок из стружки магниевого сплава МА5 методом горячей экструзии. Получение заготовок осуществлялось при температурах нагрева 300, 350 и 400⁰С. Эти режимы были выбраны на основе опыта пластического деформирования литых заготовок из сплава МА5. Степень пластической деформации регулировалась обжатием заготовок в фильерах. Диаметры фильер 6,4, 8,8 и 10,5 позволили осуществить процесс горячей экструзии со средними коэффициентами экструзии 9, 13 и 24.

Определение механических свойств полученных заготовок проведено при испытании образцов при сжатии и растяжении. Установлено, что степень пластической деформации и температура

процесса экструзии неоднозначно оказывают влияние на механические свойства заготовок, определенную роль при этом играет и остаточная пористость. Вследствие этого, прочность заготовок при растяжении ниже прочности при сжатии. Полученные заготовки по прочностным характеристикам несколько выше прочности деформированных литых заготовок из сплава МА5, однако, значительно ниже по пластичности.

Исупов Ф.Ю., Рыльков Е.Н., Наумов А.А., Панченко О.В.

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ ПРИ ОСАДКЕ
РАСХОДУЕМОГО ИНСТРУМЕНТА ИЗ СПЛАВА Al5Mg В
ПРОЦЕССЕ СОЗДАНИЯ ПОКРЫТИЯ ТРЕНИЕМ С
ПЕРЕМЕШИВАНИЕМ.**

Центр Национальной технологической инициативы «Новые
производственные технологии» Санкт-Петербургского
политехнического университета Петра Великого, Россия, г. Санкт-
Петербург

Процесс создание покрытия трением с перемешиванием с использованием расходуемого инструмента можно разделить на две стадии: осадка инструмента на подложке и последующий линейный перенос металла (непосредственное создание покрытия). На первой стадии формируется температурное поле, вид, а также значения максимальных температур которого определяют как геометрические особенности создаваемого в последствие покрытия, так и особенности формирования его структуры, а, следовательно, и свойств. В данной работе была разработана температурная модель процесса осадки расходуемого инструмента. Модель разрабатывалась в пакете ANSYS Fluent. Осадка инструмента модельно представлена, как процесс вязко-пластического течения материала внутри стержня. В качестве модельного материала использовался алюминиевый сплав системы Al-Mg (AlMg5). Валидирование модели проводили с использованием натурального эксперимента с измерением температурного профиля в 5 точках на поверхности инструмента вблизи контакта с подложкой. Адекватность модели подтверждена экспериментально.

Кладов И.В., Хисматуллин А.Р., Панченко О.В., Курушкин Д.В.

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ WAAM ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ГРАДИЕНТНОЙ СТРУКТУРЫ АУСТЕНИТНОЙ НЕРЖАВЕЮЩЕЙ СТАЛИ С НИЗКОЛЕГИРОВАННОЙ СТАЛЬЮ ПОВЫШЕННОЙ ПРОЧНОСТИ

Центр Национальной технологической инициативы «Новые
производственные технологии» Санкт-Петербургского
политехнического университета Петра Великого, Россия, г. Санкт-
Петербург

В данный момент времени аддитивное производство является очень интересным методом производства изделий, как с научной точки зрения, так и с производственной.

Аддитивное производство имеет ряд преимуществ по сравнению с традиционным производством изделий. Преимуществом аддитивного производства в первую очередь является экономия используемого материала, что приводит к снижению стоимости процесса и уменьшению отходов от производства. Вторым плюсом можно считать высокую скорость изготовления конструкций. Исходя из этого, можно предположить, что аддитивные технологии имеют возможность вытеснить традиционные методы изготовления конструкций, такое как литье, механическая обработка и тд.

В данной работе рассматривается аддитивное электродуговое выращивание или WAAM (Wire + Arc Additive Manufacturing). Электродуговое выращивание происходит путем расплавления присадочной проволоки и ее подачи в сварочную ванну, в результате чего слой за слоем происходит выращивание детали.

Главной целью работы является применение аддитивного электродугового выращивания для получения градиентной структуры, с помощью проволок аустенитного и мартенситного класса.

Исходя из цели работы, поставлены следующие задачи:

- Подбор оптимальных режимов для наплавки;
- Проведение механических испытаний на разрыв полученных образцов;
- Анализ микроструктуры.

Наплавка разнородных соединений, таких как нержавеющая аустенитная сталь и высокопрочная сталь, является весьма проблематичной. Такие виды соединений обычно используют, когда требуется переход от одних свойств, к другим или для устранения остаточных напряжений.

При наплавке разнородных соединений необходимо учитывать особенности участвующих материалов.

В процессе наплавки образцов использовалась технология EWM ColdArc, которая заключается в процессе короткозамкнутого переноса металла в ванну, что позволяет понизить тепловложения в наплавляемую конструкцию.

В результате работы были изготовлены образцы методом аддитивного электродугового выращивания. Из наплавленных образцов были отфрезерованы пробы для механических испытаний на растяжение по ГОСТ 6996. Произведен микроструктурный анализ полученной градиентной структуры.

Мальцев Н.А.¹, Наумов А.А.²

ИССЛЕДОВАНИЕ ТРУБНЫХ СТАЛЕЙ НА СКЛОННОСТЬ К КОРРОЗИОННОМУ РАСТРЕСКИВАНИЮ

¹Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

²Центр Национальной технологической инициативы «Новые
производственные технологии» Санкт-Петербургского
политехнического университета Петра Великого, Россия, г. Санкт-
Петербург

Одна из проблем присущая всем металлам является коррозия. В металлических изделиях коррозия проявляется в виде износа, который ограничивает срок полезного использования данного материала, так же снижается его эффективность, что в последствии влияет на безопасность при дальнейшей эксплуатации.

Представленная работа является результатом анализа существующих методик и технологий, основанных на стандартах национальной ассоциации инженеров-коррозионистов (NACE), которые в течении многих лет используется в качестве гибких стандартов.

В данной работе на примере трубных сталей была разработана методика испытаний на склонность к коррозионному растрескиванию с медленными скоростями деформации, определяющая пороговые напряжения (σ_{scc} или σ_{SSC}) с большей точностью, по сравнению с испытаниями СКРН по методики NACE TM – 0177.

Т.Ю. Махмутов, Н.Г. Разумов, А.Э. Ким, А.А. Попович

СИНТЕЗ ПОРОШКА ВЫСОКОЭНТРОПИЙНОГО СПЛАВА CoCrFeNiMnW ДЛЯ МАШИН АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА.

Центр Национальной технологической инициативы «Новые
производственные технологии» Санкт-Петербургского
политехнического университета Петра Великого, Россия, г. Санкт-
Петербург

Сферический порошок высокоэнтропийного сплава (ВЭС) был получен путем механического легирования (МЛ) с последующей плазменной сфероидизацией (ПС) из элементных порошков Co-19Cr-19Fe-19Ni-19Mn-5W (ат%). Полученные порошки характеризуются высокой степенью сферичности и химической однородности, фазовый состав порошков представлен твердым раствором с ГЦК-решеткой. Полученные порошки можно использовать в технологиях аддитивного производства, таких как SLM, DMD и EBM.

Вариативность элементного состава позволяет получать ряд полезных свойств для ВЭС (высокотемпературная прочность, супермагнетизм, сопротивление коррозии и износу, высокая твердость наряду с пластичностью), что существенно расширяет области их применения. Главная особенность ВЭС заключается в формировании однофазного термодинамически устойчивого твердого раствора.

МЛ ВЭС проводили в лабораторной планетарной мельнице из элементных порошков. Для ПС использовался лабораторный плазмотрон (15 кВт), в качестве плазмообразующего газа использовали аргон-водородную смесь.

Порошки после МЛ характеризуются высокой степенью химической однородности по сечению, наблюдаются наноразмерные включения W, размер которых уменьшается с увеличением времени МЛ. МЛ порошки имеют двухфазную структуру. Поверхность порошков после ПС имеет ячеистую дендритную структуру, распределение элементов по сечению порошков – равномерное. Фазовый состав порошка после сфероидизации представлен твердым раствором с ГЦК-решеткой.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 19-79-30002).

Митрофанов И.В., Назаров Д.С., Попович А.А., Максимов М.Ю.

АТОМНО-СЛОЕВОЕ ОСАЖДЕНИЕ ОКСИДНОЙ СИСТЕМЫ ЛИТИЙ-КРЕМНИЙ-ОЛОВО ДЛЯ ТВЕРДОТЕЛЬНЫХ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ ЛИТИЕВЫХ ИСТОЧНИКОВ ТОКА

Центр Национальной технологической инициативы «Новые
производственные технологии» Санкт-Петербургского
политехнического университета Петра Великого, Россия, г. Санкт-
Петербург

Разработка материалов для хранения энергии является одной из важнейших задач современного материаловедения [1,2]. Твердотельные тонкопленочные литий-ионные источники тока (ТТЛИТ) широко используются в микроэлектронике, автономных датчиках и устройствах хранения данных, имплантатах и т. д. [2]. Таким образом, разработка новых материалов для улучшения функциональных характеристик ТТЛИТ является важной задачей современной науки и промышленности.

Оксид олова является одним из наиболее перспективных материалов для анода литий-ионных аккумуляторов благодаря его высокой теоретической и практической удельной емкости [2], для металлического олова удельная емкость составляет 991 мАч/г. Таким образом, анодные материалы на основе системы Sn/SnO₂ имеют удельную емкость около 800-1000 мАч/г [2].

Электрохимические характеристики анодов сильно зависят от технологии их изготовления. Среди различных технологических приемов следует отметить молекулярное наслаивание (МН, атомно-слоевое осаждение, АСО). МН дает возможность изготавливать тонкопленочные электроды различного химического состава [1,2] с превосходными конформностью, равномерностью, контролем толщины [2].

Нанопленки из оксида лития-кремния-олова получали методом АСО с использованием бис(триметилсилил)амида лития (LiHMDS), тетраэтилолова (ТЕТ) в качестве металлсодержащих реагентов, в качестве противореагентов использовались кислородная плазма, озон и вода. В качестве подложек использовали монокристаллический кремний (100) и нержавеющей сталь (316SS). Толщину нанопленок определяли с помощью спектральной эллипсометрии и сканирующей электронной микроскопии. По результатам проведенных исследований было выявлено, что кислородная плазма является наиболее оптимальным противореагентом. Состав и структура были изучены методами вторичной ионной масс-спектрологии, рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии и рентгеновской дифракции. Нанопленки содержали

кремний в качестве примеси, источником которого по-видимому был реагент (LiHMDS). Нанопленки на нержавеющей стали показали высокую кулоновскую эффективность (99,1-99,8%) и циклические характеристики при напряжении от 0,01 до 2,00 В.

Исследование проводилось при финансовой поддержке гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых - кандидатов наук, грант № МК-2961.2018.3 (договор № 075-02-2018-165).

1. M. Maximov, P. Novikov, A. Rymyantsev, Koshtyal, Y. D. Nazarov, A. Silin, A. Popovich Application of atomic layer deposition in Li-ion batteries, NANOCON 2016 - Conference Proceedings, 8th International Conference on Nanomaterials - Research and Application, (2016). 296-302.

2. M. Maximov, D. Nazarov, I. Mitrofanov, Y. Koshtyal, A. Rymyantsev, A. Popovich, Atomic layer deposition of lithium oxide, tin oxide, and lithiated tin oxide nanofilms for high performance thin film batteries anodes, NANOCON 2018 - 10th International Conference on Nanomaterials - Research and Application. – 2018. P. 169-174.

Музафарова С.-В.Р., Котов С.А., Батурова Л.П., Береснева Ю.С.

ОЦЕНКА МЕТОДОВ ФОРМОВАНИЯ ПОРОШКОВ ТЕРМОРАСШИРЕННОГО ГРАФИТА С РАЗЛИЧНЫМИ ИСХОДНЫМИ СВОЙСТВАМИ

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Россия

В работе представлены результаты исследования процессов формования двух порошков терморасширенного графита (ТРГ) с условными обозначениями А и Б, обладающих различным комплексом свойств.

Схема получения порошков ТРГ содержит две стадии (интеркалирование природного графита с последующей термообработкой). На первой стадии природный графит подвергается обработке кислотами (серная, плавиковая или другие кислоты). При этом образуются интеркалированные соединения графита, в которых анион внедряется в межплоскостное расстояние. На второй стадии интеркалированное соединение графита подвергается термообработке (косвенный нагрев в печи или нагрев в потоке плазмы). В результате происходит разложение интеркалированного соединения с существенным увеличением межплоскостных расстояний в решетке графита.

Полученные порошки приобретают слоисто-ячеистую форму частиц. В пределах одной частицы имеются внутренние поры с различными размерами (включая наноразмерные поры) и формой. Порошки ТРГ можно интерпретировать как отдельную аллотропную модификацию углерода. Их свойства полностью отличаются от свойств других форм углерода.

В первую очередь в ходе исследований был определен такой показатель, как насыпная плотность порошков, которая наряду с формой частиц оказывает влияние на процесс формования. Насыпная плотность порошков А и Б составила $0,00261 \text{ г/см}^3$ и $0,00784 \text{ г/см}^3$ соответственно (пористость порошка в исходном состоянии - выше 95%).

На следующем этапе исследовался процесс прессования. Порошки обладают высокой формуемостью, т.е. начинают формироваться при весьма низких значениях давлений, что отличает их от большинства сыпучих материалов. Также порошки хорошо уплотняются, что позволяет получать изделия, обладающие различной пористостью. Хорошее схватывание между слоями обеспечивается развитой поверхностью частиц. В работе представлены сравнительные результаты исследований

уплотняемости двух порошков при малых давлениях прессования. Полученные зависимости плотности прессования от давления для двух порошков различны, что связано с отличием исходных свойств.

Альтернативным способом формования порошков ТРГ, обеспечивающим высокую производительность и возможность получения длинномерных изделий, является их прокатка. Исследования проводились на стане СПП-8 (стан прокатный порошковый с диаметром валков 80 мм). Прокатку следует проводить в обкладках с целью предотвращения налипания порошка на валки, так как ТРГ склонен к адгезии. Ленты прокатаны по разработанной нами схеме и технологии. Толщина и плотность лент из двух различных порошков различна. Для получения больших значений толщины и плотности следует прокатывать многослойные ленты. Кроме того, существует возможность получения лент с введенными различными добавками.

В результате работы было проведено сравнение комплекса свойств для двух порошков ТРГ, а также получены заготовки изделий, обладающие различной пористостью, вследствие чего они могут найти применение во многих областях.

Стоит отметить, что как прессование, так и прокатка порошков ТРГ могут применяться для решения конкретных задач.

Ожегов М.А.¹, Наумов А.А.²

ТОЧЕЧНАЯ СВАРКА ТРЕНИЕМ С ПЕРЕМЕШИВАНИЕМ: ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ В АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИИ

¹Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

²Центр Национальной технологической инициативы «Новые производственные технологии» Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, Россия, г. Санкт-Петербург

Аннотация. Сварка трением с перемешиванием (СТП – friction stir welding) является одним из вариантов сварки давлением – сварное соединение образуется в результате совместного пластического деформирования и перемешивания соединяемых деталей в твердой фазе. Одной из разновидностей СТП является точечная сварка трением с перемешиванием (ТСТП – friction stir spot welding). ТСТП – это эффективный вариант соединения деталей, который дает возможность заменить точечные процессы соединения, такие как точечная сварка сопротивлением и клепка. Точечную сварку трением с перемешиванием можно разделить на 4 вида: традиционная ТСТП, ТСТП с заполнением выходного отверстия (refill), бесштифтовая (pinless) ТСТП и ассиметричная (swing) ТСТП. Процесс ТСТП имеет ряд преимуществ перед традиционными точечными методами соединения: низкое тепловложение, высокая эффективность сварки, экологичность процесса соединения, мелкозернистая микроструктура сварного шва. Отдельное внимание следует уделить ТСТП с заполнением выходного отверстия. Это сравнительно недорогая процедура с дополнительными технологическими приемами и использованием специального инструмента, но она позволяет закрыть выходное отверстие и значительно увеличить прочность сварного шва. Этот процесс начинает находить свое применение в авиации, авиакосмической промышленности и автомобилестроении. Такие компании, как «Mazda» и «Toyota» внедряют данную технологию в свои производственные процессы, используя при этом промышленных роботов в качестве манипуляторов и специализированные головы, закрепленные на роботах, с вращающимся инструментом для ТСТП.

Прохоров Д.И.¹, Ганин С.В.¹, Михайлов В.Г.², Морозова Ю.Н.²

ПОЛУЧЕНИЕ СЛОЯ ПЕНОМАТЕРИАЛА АРГОНО-ДУГОВОЙ СВАРКОЙ

¹ Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

² Бранденбургский Технический Университет Котбус-Зенфтенберг

Вопрос получения пеноматериала методом аргоно-дуговой сварки интересен в связи с проблемами, возникающими при соединении AFS (Aluminum Foam Sandwiches)-панелей, представляющих собой слои компактного алюминия, расстояние между которыми заполнено алюминиевой пеной.

Для осуществления процесса вспенивания были изготовлены прутки содержащие порошок алюминия АКД12 и пенообразующий агент (т.н. порофор) – гидрид титана (ТН₂). Полученная смесь проходит процесс прессования и последующей горячей экструзией в алюминиевых капсулах. Следующий этап – горячая прокатка экструдированной заготовки для получения прутка диаметром 4мм.

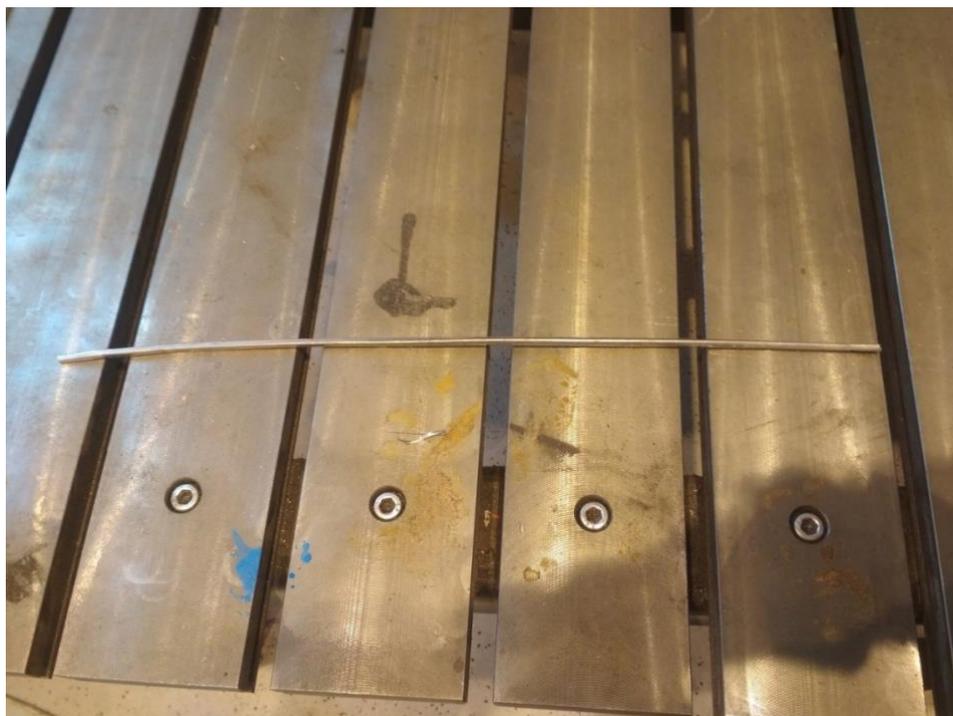


Рис.1. Электрод.

Аргонодуговая наплавка на алюминиевую плиту (марки Д16) была осуществлена с помощью сварочного инвертора Сварог PRO TIG 200 DSP (W207). Получены треки при однослойной и трехслойной наплавке. Для однослойной наплавки ширина трека составляет 7-12мм, высота 1.5-2мм.

При этом глубина проплавленного основного металла колеблется от 0 до 2.5мм. В итоге были получены образцы с пористостью 40%, при этом стоит отметить, что распределение пор по сечению неравномерно – основная масса пор скапливается вблизи поверхности.

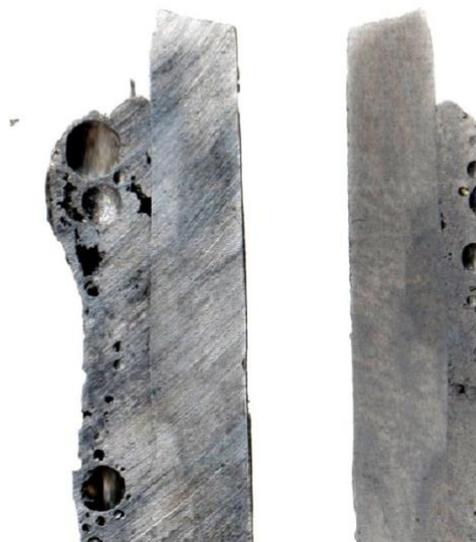


Рис. 2. Продольный разрез полученного шва. Слева – два слоя наплавки; справа – один слой.

Вывод:

- Метод аргоно-дуговой сварки пригоден для получения пористых покрытий на образце с толщиной наплавленного слоя до 4мм. Однако качественное покрытие из пеноалюминия будет получено только в том случае, если энергетические параметры процесса сварки грамотно подобраны.

Рулимов А.А, Мишин В.В., Немов С.А.

**КОРРЕЛЯЦИЯ РАДИАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ
ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И ОСОБЕННОСТЕЙ
НАПРЯЖЁННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ В
СЕЧЕНИИ ЭКСТРУДИРОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ
Sb₂Te₃**

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Россия, Санкт-Петербург

Тройные твёрдые растворы $Bi_xSb_{2-x}Te_3$ с содержанием Sb_2Te_3 до 80 мол. % широко известны в качестве эффективного термоэлектрического материала для термоэлементов р-типа. Среди их способов производства особое внимание в последние годы уделяется методу горячей экструзии, позволяющему получать материал с достаточным уровнем прочностных характеристик и термоэлектрической эффективностью $ZT \geq 0.9$ при температурах от комнатной до ~ 100 °С.

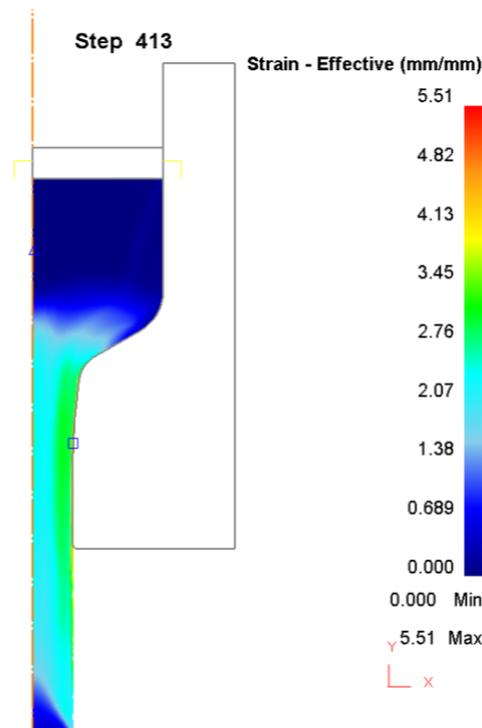


Рис. 1. Распределение интенсивности накопленных деформаций

Экструдированный материал при этом характеризуется неоднородностью свойств в поперечном сечении, а именно радиальным распределением удельной электропроводности σ и коэффициента термоЭДС α . Отклонение значений α составляет $\pm 2.5\%$ от среднего с

максимумом на периферии экструдата, для σ эта величина превышает $\pm 10\%$ с максимумом в центральной области.

Математическое моделирование процесса экструзии указывает на то, что при движении к границе образец-фильера увеличивается как интенсивность накопленных деформаций (см. рис. 1), так и влияние сдвиговых механизмов. Подобная неоднородность напряжённо-деформированного состояния приводит к интенсификации при удалении от оси экструзии ряда процессов (в том числе так называемого донорного эффекта), связанных с достижением равновесной растворимости T_e в твёрдом растворе, образованием антиструктурных дефектов и т.д.

Накопленная в процессе деформации энергия, высокие температуры, а также создание условий, при которых возможна реализация не только базисных, но и небазисных систем скольжения дислокаций, являются причиной характерного рельефа распределения термоэлектрических параметров в сечении экструдированных материалов.

*Скворцова А.Н.^{1,2}, Толочко О.В.¹, Кольцова Т.С.¹, Фармаковский Б.В.²,
Кузнецов П.А.²*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ГРАФЕНОМ ЭЛЕКТРОДОВ ИТО ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЭЛЕКТРОХРОМНЫХ УСТРОЙСТВ

¹ Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
(СПбПУ)

² НИЦ «Курчатовский институт» - ФГУП ЦНИИ КМ «Прометей» им.
И.В.Горынина

Современные композитные материалы с металлической матрицей, армированные углеродными нановолокнами (УНВ) являются объектом изучения большого числа исследователей, так как они обладают уникальной прочностью и теплопроводностью.

Целью данной работы являлось создание объемных композиционных материалов и покрытий на основе системы «алюминий – углеродное нановолокно» с экспериментальным подтверждением возможности упрочнения данного материала углеродными нановолокнами.

Углеродные нановолокна получены методом газофазного синтеза непосредственно на поверхности алюминиевого порошка [1, 2]. Путем изменения концентрации никелевого катализатора были получены композиционные порошковые материалы, содержащие от 1 до 2 мас. % углерода. Полученные порошки были изучены методом сканирующей электронной микроскопии. Из микроструктур видно, что углеродный продукт имеет волокнистую структуру и практически полностью покрывает частицы матрицы. УНВ имеют диаметр от 50 до 100 нм и длину более 1 мкм.

Композиционные порошковые материалы с содержанием 0.5, 1 и 1.5 мас.% углеродных нановолокон были использованы для создания покрытий методом холодного газодинамического напыления (ХГДН) на подложку из стали [3]. По сравнению с покрытием из чистого алюминия в покрытии Al – УНВ твердость увеличится на 60 %.

В работе были исследованы компактные материалы из алюминиевого порошка с содержанием 1 масс. % УНВ, полученные методом холодного одноосного прессования при давлении 600 МПа и горячего прессования при температурах 720 и 980 °С и давлении 5 ГПа. Обнаружено, что при термической обработке после прессования микроструктура образцов имеет более мелкие и равноосные зерна в сравнении с холодным прессованием. Компактирование при горячем

прессовании приводит к разрушению углеродных волокон и образованию карбидных связей (Al_4C_3).

Учитывая существенную роль в экономике РФ судостроительной и автомобильной промышленности, а также прецизионного приборо- и машиностроения практическое использование разработанных нанокompозитов имеет реальные перспективы внедрения. Таким образом, можно заключить, что всего лишь небольшие добавки УНВ в матрицу алюминия могут поменять свойства композиционного материала. Наиболее перспективным покрытием из композиционного материала является покрытие с Al – 0.5 мас.% УНВ и Al – 1 мас.% УНВ, так как нанесенный порошок был предварительно обработан в планетарной мельнице. Предварительное механолегирование порошка придало материалу уникальные свойства.

Установлено, что наиболее перспективным покрытием из композиционного материала является покрытие с Al – 1 мас.% УНВ, образец имеет достаточно высокую твердость ($H=2,3\pm 0,5$ ГПа) и модуль упругости ($E=127\pm 40$ ГПа), покрытие имеет низкий коэффициент трения ($\mu=0,24$) так как нанесенный порошок был предварительно обработан в планетарной мельнице. Покрытие сочетает в себе высокую твердость, низкую интенсивность изнашивания, что придает материалу уникальные свойства. Данный материал можно применять в судостроении для различных элементов корпусов, судовой арматуры, элементов насосов, в авиастроении, для облегченных конструкций корпуса самолета, в обшивке и обтекателе самолета, за счет своих электропроводных свойств в микроэлектронике (нанокабель и микросхемы), в автомобилестроении для изготовления клапанов и несущих деталей автокузовов.

1. **A.I. Rudskoy, Koltsova T.S., Tolochko O.V., Mikhailov V.G., Shakhov F.M.** // Metal Science and Heat Treatment. 2014. V55. N 9-10, P. 564-558.
2. **L.I. Nasibulina, Joentakanen T., Nasibulin A.G., Kauppinen E.I., Koltsova T.S., Tolochko O.V., Malm J.E.M., Karppinen M.J.** // Carbon. 2010. V. 48 N 15. P. 4559-4562.
3. **Скворцова А.Н., Лычева К.А., Возняковский А.А., Кольцова Т.С., Ларионова Т.В.** // Materials Physics and Mechanics. 2016. V.1. N 25. P. 30-36.

Хисматуллин А.Р., Кладов И.В., Панченко О.В., Курушкин Д.В.

ПОЛУЧЕНИЕ СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ НА ОСНОВЕ ПРОВОЛОКИ ИЗ СПЛАВА Ti-Ni

Центр Национальной технологической инициативы «Новые производственные технологии» Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, Россия, г. Санкт-Петербург

В связи с потребностями различных отраслей промышленности, постоянно ведется процесс разработки новых материалов, ориентированных на конкретные задачи. Из всех материалов, разработанных в двадцатом веке, изобретение нитинола является жизненно важным. Исследователи все еще пытаются реализовать потенциал нитинола в полной мере и изучить все особенности его применения в различных направлениях. Ni-Ti относится к классу материалов с памятью формы, которые имеют тенденцию возвращаться к своей первоначальной геометрии из деформированного состояния при воздействии тепла или механической нагрузки. Это явление возвращения к своей первоначальной форме называется эффектом памяти формы (Shape Memory Effect). Эти сплавы широко используются в аэрокосмической, автомобильной, робототехнической, биомедицинской и дизайнерской промышленности.

Целью данной работы является изучение различных методов осуществления сварных соединений на базе проволоки из сплава Ti-Ni с эффектом памяти формы. Оценка изменения микроструктуры нитинола, проведение тестов пластичности и изучение степени возврата деформации проволоки после сварки.

Анализ литературных данных по этой теме позволил сделать вывод о том, что причина, обуславливающая сам эффект - мартенситные превращения, которые подверглись более детальному рассмотрению в литературной части работы. Поведение нитинола в процессе сварки сильно зависит от параметров режима и выбора метода осуществления сварного соединения. Каждый метод имеет как свои плюсы, так и минусы, связанные с подбором параметров сварки и общими особенностями конкретного метода. Так или иначе, их выбор напрямую зависит от назначения будущей детали, видов ее эксплуатации и нагрузок, которым она будет подвержена. Основные проблемы, на борьбу с которыми направлены всеобщие исследования данной тематики - сохранение прежнего уровня возможной обратимости деформации после осуществления сварки.

В ходе эксперимента были успешно получены сварные соединения методом ручной аргонодуговой сварки. Произведена оценка микроструктуры с помощью оптического микроскопа, тесты пластичности и изучена степень возврата деформации проволоки после сварки, все это позволило сделать вывод о пригодности использования ручной аргонодуговой сварки для проволоки данного химического состава. А также был сделан вывод о тепловложениях, как об основном параметре, влияющем на микроструктуру и конечные свойства пластичности сварных соединений из нитинола.

Юнусов Ф.А., Лароионва Т.В, Толочко О. В, Бобрынина Е.В.

РАЗРАБОТКА МЕТАЛЛО-МАТРИЧНЫХ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ АЛЮМИНИЯ, УПРОЧНЕННЫМИ ФУЛЛЕРЕНАМИ

Санкт-Петербургский Политехнический Университет Петра Великого,
Санкт-Петербург, Россия

Углеродные наноструктуры, такие как нанотрубки, нановолокна, графен, фуллерены, в последнее десятилетие активно обсуждаются материаловедами в качестве упрочняющего компонента в металло-матричных композитах. Такие металлические композиционные материалы имеют широкий потенциал применения в качестве конструкционных или электротехнических материалов в особенности для автомобильной и аэрокосмической промышленности. Актуальность темы подтверждается большим количеством научно-инженерных работ, посвященных получению композиционных материалов на основе алюминия, упрочненного углеродными наноструктурами [1-2].

Представленный доклад посвящен разработке металло-матричных композитных материалов на основе алюминия, упрочненными фуллереновой сажей и изучению их физико-механических свойств.

В ходе работы, путем механического размола и последующего компактирования методом горячего прессования получены композитные материалы на основе алюминия, содержащие в качестве упрочняющей фазы фуллереновую сажу.

Анализ микроструктур показывал, что полученные нами композиты плотные и однородные. Испытание на разрыв показало, что композиты имеют высокую прочность (660 МПа) и удовлетворенную пластичность (6,5%). На рис.1 прочностные и электрические свойства сплавов и полученные нами композитов.

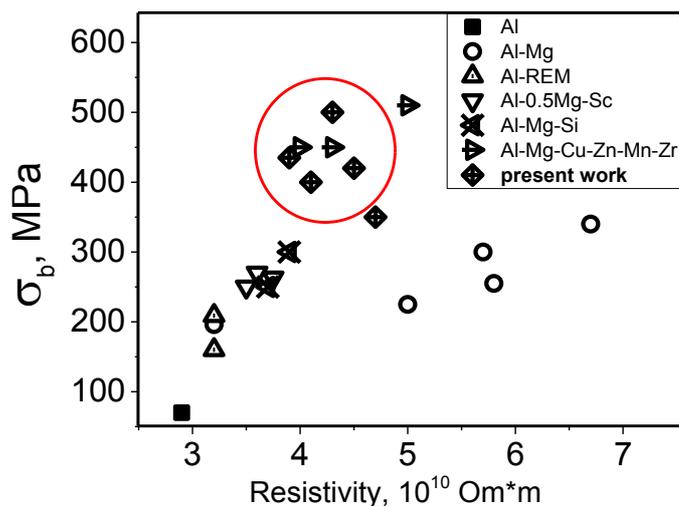


Рис. 1 - Прочностные и электрические свойства материалов

Полученные композитные материалы алюминий - фуллереновая сажа имеют удовлетворенную электропроводимость (45-50% IACS) и могут успешно конкурировать с лучшими алюминиевыми сплавами для производства электротехнических проводов.

Список использованных источников:

1.Ch.LI, R.QIU, B.LUAN, Zh. LI, (2017) Effect of Carbon Nanotubes and High Temperature Extrusion on the Microstructure Evolution of Al-Cu alloy. Mater Sci Eng A 2017; 704: 38-44.

2. Junichiro Tokutomi, Takashi Uemura, Sumio Sugiyama Junichiro Shiomi, Jun Yanagimoto, (2015) Hot extrusion to manufacture the metal matrix composite of carbon nanotube and aluminum with excellent electrical conductivities and mechanical properties, CIRP Annals – Manufacturing Technology 51(2):611–634.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ: ОТ ИЗОБРЕТЕНИЯ ДО ВНЕДРЕНИЯ

Труды Международной школы молодых ученых

26 июня 2019 года

Налоговая льгота – Общероссийский классификатор продукции ОК 005-93, т.
2; 95 3004 – научная и производственная литература

Подписано в печать 25.06.2019. Формат 60×84/16. Печать цифровая.
Тираж 50.

Отпечатано с готового оригинал-макета, предоставленного оргкомитетом
конференции,
в Издательско-полиграфическом центре Политехнического университета.
195251, Санкт-Петербург, Политехническая ул., 29.
Тел.: (812) 552-77-17; 550-40-14