

«Утверждаю»
Зам. директора Федерального
государственного бюджетного
учреждения науки
Институт металлургии и материаловедения
им. А.А. Байкова Российской академии наук
(ИМЕТ РАН)
по научной работе,
д.т.н.
В. С. Юсупов

«30» ноября 2023 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу Нгуен Суан Зьепа по теме «Разработка и исследование технологических режимов радиально-сдвиговой прокатки прутков диаметром менее 18 мм алюминиевых кальцийсодержащих сплавов и сплава 01570 с высоким уровнем механических свойств», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.6.4 – «Обработка металлов давлением»

Актуальность темы диссертационного исследования

Непрерывное развитие техники требует повышения уровня эксплуатационных свойств широко используемых металлических материалов, к которым, бесспорный, относятся и алюминиевые сплавы. Работы по повышению уровня эксплуатационных свойств алюминиевых сплавов с использованием специальных методов обработки и/или разработки новых перспективных композиций ведутся непрерывно. Одним из перспективных и относительно новых методов деформационной обработки является способ радиально-сдвиговой прокатки (РСП). Данным методом обрабатывают почти все металлы и сплавы, в том числе высокопрочные и трудно деформируемые сплавы. Однако следует констатировать, что количество исследований, посвященных изучению влияния данного способа обработки применительно к промышленным и перспективным алюминиевым сплавам, весьма ограничено.

По сравнению с более традиционными методами ОМД или методами интенсивной пластической деформации (ИПД), метод РСП имеет много преимуществ, таких как возможность формирования особой структуры материала, обеспечивающей уровень механических свойств сопоставимых с теми, что получают после методов ИПД. Однако в отличие от последних методов

РСП имеет повышенную производительность, позволяет получать достаточно длинномерные цилиндрические изделия, при этом процесс производства допускает высокую степень механизации и автоматизации.

Изучение возможности применения метода РСП для получения качественных деформированных полуфабрикатов в виде прутков из различных групп алюминиевых сплавов, обладающих после такой обработки высоким сочетанием механических свойств, позволит существенно расширить области применения как самого метода РСП, так и алюминиевых сплавов. В частности, одним из объектов исследований выступил марочный алюминиевый сплав 01570, который находит все более широкое применение в различных отраслях промышленности благодаря удачному сочетанию механических, коррозионных и других свойств. Кроме того, изучались новые опытные деформируемые сплавы на базе эвтектической системы Al-Ca-La-Mn. Обе группы сплавов относятся к термически неупрочняемым, а значит достижения высокого уровня свойств возможно в основном путем проведения деформационной обработки.

Структура и объем диссертационной работы

Диссертация имеет объем 112 страниц, состоит из введения, 4-х глав, основных результатов, выводов и списка из 95 источников литературы. Все главы диссертации взаимосвязаны, представленный материал логично изложен и структурирован.

Во введении диссертации обоснована актуальность выбранной темы работы, сформулирована цель и поставлены задачи исследования.

В главе 1 произведен литературный обзор предшествующего уровня техники и научного знания в области тематики диссертационной работы. В частности, проведен анализ для марочного алюминиевого сплава 01570, а также опытных алюминиевых сплавов на базе системы Al-Ca. Показано, что сплав 01570 широко применяется для замены сплава АМг6 в изготовлении таких деталей, как топливные баки, крепежи, кронштейны и т. д. Рассмотрены различные способы получения мелкозернистой структуры с высоким уровнем механических свойств из алюминиевых сплавов. Приведен анализ метода радиально-сдвиговой прокатки и возможности его применения при производстве длинномерных цилиндрических полуфабрикатов из алюминиевых сплавов.

В главе 2 представлены данные по методам исследований и оборудованию, использованному в проведенных исследованиях. В диссертационной работе использовалось сочетание теоретического математического моделирования и экспериментальных исследований. При этом при проведении экспериментальных и теоретических работ применялось современной надежное оборудование и программное обеспечение.

В главе 3 проведено изучение реологических свойств, а также расчетно-экспериментальные исследования влияния технологических параметров процесса радиально-сдвиговой прокатки на характеристики пластической деформации и температуру заготовки для алюминиевого сплава 01570, и последующее особенности формирования структуры и механических свойств в получаемых цилиндрических заготовках в процессе РСП. С использованием программы QForm – 3D произведено теоретическое изучение закономерностей изменения напряженно-деформированного состояния, а также температурного поля в очаге деформации заготовки и на выходе из него. После теоретического моделирования произведены экспериментальные исследования по получению прутков из сплава 01570 диаметром менее 18 мм по различным режимам термомеханической обработки. Для полученных прутков произведено изучение эволюции микроструктуры в различных сечениях, а также определены механические свойства. На основе полученных данных предложена технологическая схема изготовления полуфабрикатов диаметром менее 18 мм с высоким сочетанием механических свойств из алюминиевого сплава 01570 методом радиально-сдвиговой прокатки.

В главе 4 для новой группы модельных эвтектических сплавов на базе системы Al-3Ca-La-1Mn проведены экспериментальные исследования по определению реологических свойств, которые далее использовались для нахождения функциональной взаимосвязи между скоростью деформации, напряжениями течения и температурой деформации. Для экспериментальных модельных сплавов Al-3Ca-(0,5-2)La-1,5Mn произведено изучение возможности получения длинномерных прутков методом РСП по различным режимам, отличающимся исходной температурой прокатки. Показано, что во всем изученном диапазоне режимов возможно получения требуемых цилиндрических прутков без видимых дефектов геометрии или структуры металла, но отличающихся уровнем механических свойств. На примере эвтектического кальцийсодержащего сплава Al-3Ca-2La-1Mn показана возможность получения прутков методом радиально-сдвиговой прокатки с высоким обжатием с коэффициентом вытяжки за проход не менее 5. Для этого была разработана специальная калибровка валков, обеспечивающая высокие степени деформации и напряжения сжатия по всему очагу деформации.

Научная новизна работы

1. Расчетными и экспериментальными методами для исследуемых алюминиевых сплавов показано, что (по аналогии с другими группами сплавов) в процессе радиально-сдвиговой прокатки материал заготовки деформируется неравномерно, пластическая деформация происходит существенно более интенсивно в приповерхностной области и уменьшается в направлении к центральной части деформированного образца.

2. На основании анализа траекторий истечения деформируемого металла в очаге деформации выявлены и описаны особенности процесса радиально-сдвиговой прокатки и их влияние на параметры формоизменения.

3. Показано, что РСП сплавов приводит к формированию градиентной структуры, характеризующейся рекристаллизованной мелкозернистой структурой приповерхностных слоев и волокнистой структурой центральных слоев деформированных полуфабрикатов, получаемых из изученных сплавов.

4. Показана, что предсказанные расчетом количественные данные по формированию высокой неоднородности распределения накопленной деформации и полей напряжения и температур по сечению получаемых прутков находятся в соответствии с наблюдаемыми структурными изменениями, приводящими к формированию итоговой градиентной структуры в деформированном полуфабрикате.

Практическая значимость работы

1. Результаты исследования реологических свойств изученного марочного сплава 01570 и новых кальцийсодержащих сплавов могут быть использованы в качестве базы данных для создания технологических процессов и моделирования процессов ОМД.

2. Результаты моделирования можно использовать для общей оценки влияния технологических параметров на напряженно-деформированное состояние и температурное поле, формирующееся в процессе радиально-сдвиговой прокатки других алюминиевых сплавов, обладающих близким химическим составом и структурными характеристиками.

3. Подтверждена возможность применения метода радиально-сдвиговой прокатки для изготовления цилиндрических прутков диаметром менее 18 мм с высоким уровнем механических свойств из изученных алюминиевых сплавов.

4. Полученные результаты позволяют расширить области применения метода радиально-сдвиговой прокатки, в частности, для обработки алюминиевых сплавов разных групп для изготовления прутков диаметром менее 18 мм.

Достоверность полученных данных обеспечивается применением современных методов имитационного моделирования с помощью лицензионной программы QFORM. Кроме того, в процессе экспериментальных исследований применялось современное технологическое и аналитическое оборудование.

Публикации по результатам работы

Работа Нгуен Суан Зьепа составлена в методически грамотной последовательности и оформлена в соответствии с требованиями. Основные

результаты исследований опубликованы в 9 печатных работах, 5 из которых входят в международную базу данных Scopus.

Рекомендации по использованию результатов диссертации

Результаты диссертационной работы могут быть использованы при производстве прутков малых диаметров из алюминиевых сплавов методом РСП взамен получаемых в настоящий момент в промышленности прессованных прутков. Основные возможные потребители результатов данной работы в реальном секторе экономики: предприятия автомобильной промышленности (АвтоВАЗ, КАМАЗ, Группа ГАЗ, Соллерс, ЗИЛ и т.д.), специализирующиеся на выпуске продукции из алюминиевых сплавов (ОК РУСАЛ, Самарский Металлургический завод и т.д.), а также для использования и внедрения в исследовательских институтах РАН, отраслевых научно-исследовательских институтах (ОАО «Композит», ФГУП ВИАМ и т.д.).

Общие замечания по работе

1) Автору следовало в научную новизну также включить результаты по реологическим свойствам исследуемых материалов, определенных в ходе выполнения работ по научному исследованию.

2) Представлены свойства полученных прутков при испытаниях на растяжение, однако не указывается из какой части сечения прутков были изготовлены данные образцы и производилось ли вытачивание образцов.

3) Из представленных фотографий микроструктуры следует, что при определенном режиме РСП формируется неоднородная по сечению прутка структура. При этом авторы рекомендуют именно данный режим РСП в качестве оптимального для достижения высоких механических свойств. Однако при этом остается неясным как подобная неоднородность повлияет на последующие эксплуатационные свойства заготовки с точки зрения анизотропии свойств.

4) Является не совсем ясным из каких соображений производился выбор состав экспериментальных кальцийсодержащих сплавов, отличающихся содержанием в составе лантана.

5) В тексте работы содержится ряд опечаток.

Заключение

Вышеуказанные замечания не снижают общей научной и практической значимости диссертационной работы. Диссертационная работа «Разработка и исследование технологических режимов радиально-сдвиговой прокатки прутков диаметром менее 18 мм алюминиевых кальцийсодержащих сплавов и сплава 01570 с высоким уровнем механических свойств» является

самостоятельной законченной научной квалификационной работой, представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук, соответствует требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней в НИТУ «МИСИС». Ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.4 – «Обработка металлов давлением».

Доклад Нгуен Суан Зьепы был заслушан и обсужден, а настоящий отзыв утвержден на расширенном заседании лаборатории пластической деформации металлических материалов ИМЕТ РАН «30» ноября 2023 года, протокол заседания №15 от 30 ноября 2023г.

Председатель коллоквиума, заведующий
Лаборатории пластической деформации
металлических материалов, доктор
технических наук



Юсупов В.С.

Секретарь коллоквиума,
кандидат технических наук



Акопян К.Э.

Подписи Юсупова Владимира Сабитовича и Акопяна Карена Эдуардовича
удостоверяю

Заместитель начальника
отдела кадров ИМЕТ РАН



Гуркина Анна Вячеславовна

Сведения о ведущей организации

Полное наименование организации	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт металлургии и материаловедения имени А.А. Байкова Российской академии наук
Сокращенное наименование организации	ИМЕТ РАН
Ведомственная принадлежность	Министерство науки и высшего образования
Индекс, почтовый адрес	119334, г. Москва, Ленинский проспект, 49
Телефон с указанием кода города	+7(499)-135-45-38 +7(499)-135-86-60
Адрес электронной почты	imet@imet.ac.ru
Адрес официального сайта в сети «Интернет»	Http://www.imet.ac.ru