

УТВЕРЖДАЮ



Ректор ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова»

Валерий Михайлович Колокольцев

22 » марта 2017 г.

Отзыв ведущей организации

на диссертационную работу Фахретдиновой Эльвиры Илдаровны
«Разработка нового комбинированного процесса получения алюминиевых деформированных полуфабрикатов электротехнического назначения»,
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 05.16.05 – Обработка металлов давлением

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ

Диссертационная работа Фахретдиновой Э.И. посвящена вопросам повышения технологической эффективности производства алюминиевых деформированных полуфабрикатов электротехнического назначения. В настоящее время потребности современной техники и перспективы ее развития все сильнее ужесточают требования, предъявляемые к уровню свойств изделий. При этом основной тенденцией является получение в материалах и изделиях высокого уровня свойств, отличающихся по своей физической сущности.

Известно, что провода для высоковольтных линий электропередач и самонесущие изолированные провода производят преимущественно из алюминиевой катанки и сплавов на основе алюминия. Важными характеристиками проводов являются прочность и электропроводность. Традиционные способы повышения механических свойств материала - использование легированных марок стали, патентирование заготовки из средне- и высокоуглеродистых марок стали - требуют увеличения производственных затрат, что

неизменно приводит к удорожанию готовой продукции. Достижение высокого качества и эксплуатационной надежности металлоизделий и устойчивого уровня рыночной конкурентоспособности возможно лишь на основе новых наукоемких технологий получения материалов с новым уникальным комплексом свойств. Таковыми в настоящее время являются технологии, позволяющие получать ультрадисперсные и наноструктуры. Одним из наиболее перспективных подходов к получению таких структур в различных металлах и сплавах является применение методов интенсивной пластической деформации (ИПД), в особенности, равноканального углового прессования (РКУП) и его модернизаций, позволяющих получать наноструктуры во всем объеме изделия. Повышенный прикладной интерес к процессам наноструктурирования обусловлен возможностью значительной модификации свойств крупнозернистого материала без изменения его химического состава.

Результатом приближения процессов ИПД к условиям промышленного производства стали непрерывные методы ИПД, разработанные на базе РКУП: РКУП в параллельных каналах (РКУП-ПК) и РКУП по схеме «Конформ» (РКУП-К). Однако эти методы требуют создания специального оборудования и оснастки, а также достаточно сложно встраиваются в существующие промышленные технологии производства металлических изделий прежде всего из-за ограничения скоростей обработки.

Эти обстоятельства делают актуальными исследования в области создания новых технологий получения алюминиевых полуфабрикатов, имеющих повышенный уровень механических свойств и удельной электропроводимости. В связи с вышеизложенным тема представленной к защите диссертации «Разработка нового комбинированного процесса получения алюминиевых деформированных полуфабрикатов электротехнического назначения» является весьма актуальной и своевременной.

ОБЪЕМ, СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Целью диссертационной работы является повышение качества длиннономерных полуфабрикатов алюминиевого сплава электротехнического при-

менения за счет разработки комплекса новых технических и технологических решений с использованием преимуществ интенсивной пластической деформации.

Для достижения данной цели были сформулированы **задачи**, решение которых необходимо для получения исчерпывающей информации о технологических особенностях разрабатываемого комбинированного метода интенсивной пластической деформации для получения алюминиевого полуфабриката с новым комплексом эксплуатационных свойств. Задачами диссертационного исследования являются: моделирование процесса Мульти-РКУП-К в среде программного комплекса Deform-3D для выявления особенностей течения металла в зависимости от геометрических параметров оснастки; теоретические исследования процесса Мульти-РКУП-К для определения энергосиловых параметров процесса и обоснования технологических режимов получения длинномерных полуфабрикатов; изучение микроструктуры, механических свойств и удельной электропроводимости длинномерных полуфабрикатов из сплава Al 6101 после обработки методом Мульти-РКУП-К; разработка комплекса технических и технологических решений, обеспечивающих получение алюминиевых полуфабрикатов с повышенными физико-механическими свойствами методом Мульти-РКУП-К.

Диссертация изложена на 143 страницах машинописного текста, состоит из введения, четырех глав, основных выводов, списка литературы, содержащего 118 источников, и двух приложений. В приложениях приведены акты, подтверждающие внедрение результатов работы в учебный процесс ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет», акт проведения испытаний и исследований опытно-промышленных образцов катанки диаметром 9,5 мм из алюминиевого сплава АВЕ системы Al-Mg-Si.

По материалам диссертации имеется 18 печатных трудов, из них 3 статьи в журналах, рекомендуемых ВАК РФ. На разработанные по результатам исследования технические решения в соавторстве получено 2 патента на изо-

бретение и 1 патент на полезную модель. Автореферат диссертации в полной мере отражает ее основные положения.

Во **введении** приведены веские аргументы, подтверждающие актуальность выбранного направления и темы диссертационного исследования, сформулированы цель и задачи, представлены основные положения, составляющие научную новизну и практическая значимость диссертации, приведены основные положения, выносимые на защиту.

В **первой главе** представлены результаты анализа современного состояния производства алюминиевых полуфабрикатов для электротехнической промышленности, приведена характеристика свойств сплавов системы АВЕ. Соискателем изучены основные результаты работ ведущих российских ученых в области обработки металлов давлением и занимающихся разработкой и исследованием методов интенсивной пластической деформации. Выполненный обзор оборудования и методов для получения полуфабрикатов электротехнического назначения явился основой для выбора направления проведения исследований. На основании проведенного анализа сформулированы цель и задачи диссертационного исследования.

Во **второй главе** приведено описание разработанного нового метода ИПД – Мульти-РКУП-К. Данный метод является по сути комбинированной деформационной обработкой, сочетающей традиционные методы ИПД: РКУП и РКУП-Conform. Это позволяет максимально использовать преимущества обоих методов, обеспечивая необходимую интенсивность деформации для формирования УМЗ структуры и сохраняя непрерывность процесса. Моделирование в программном прикладном комплексе Deform-3D позволило изучить напряженно-деформированного состояния металла в ходе Мульти-РКУП-К, определить энерго-силовые особенности процесса, разработать рациональные геометрические параметры оснастки и обосновать выбор инструментальной стали для ее изготовления.

Третья глава посвящена теоретическим расчетам исследуемого процесса Мульти-РКУП-К. Разработана аналитическая формула для расчета силовых параметров, необходимых для деформирования обрабатываемой заго-

товки, что позволило построить зависимость величины крутящего момента от угла пересечения каналов и коэффициента трения. Это позволило рассчитать зависимость длины дуги и угла захвата от коэффициента трения. Универсальность полученных соискателем зависимостей делает возможным их применение и при обработке методом Мульти-РКУП-К различных металлов и сплавов. В третьей главе представлены результаты экспериментальных исследований деформированного состояния заготовки методом делительной сетки. Поскольку деформированное состояние обрабатываемой заготовки оказывает непосредственное влияние на ее структуру, то полученные результаты динамики накопления деформации в каждом очаге деформации могут быть использованы при разработке режимов технологического процесса получения алюминиевых полуфабрикатов с высокой прочностью и электропроводностью.

В четвертой главе представлены результаты исследований метода Мульти-РКУП-К на лабораторном и опытно-промышленном оборудовании. Проведенные исследования на лабораторной установке о влиянии температуры обработки, вида смазочного материала и качества поверхности на механические свойства и микроструктуру алюминиевого образца позволили установить необходимые технологические параметры метода Мульти-РКУП-К, что является важным практическим результатом работы. Для получения достоверной информации о технологических особенностях Мульти-РКУП-К были проведены исследования на экспериментально-промышленном оборудовании. Автор рассмотрела возможные варианты оснастки, определены оптимальные значения максимального крутящего момента, температуры в оснастке, скорости обработки. Практический интерес представляет предлагаемый соискателем вариант опытно-промышленной реализации технологической линии по производству алюминиевого полуфабриката с УМЗ структурой методом Мульти-РКУП-К.

ЗНАЧИМОСТЬ РЕЗУЛЬТАТОВ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ ДЛЯ НАУКИ И ПРОИЗВОДСТВА

По мнению ведущей организации к основным результатам диссертации, обладающим **научной новизной**, относятся:

- разработан научно обоснованный метод деформационной обработки Мульти-РКУП-К, отличающийся комбинированием методов равноканального углового прессования и РКУП-Conform, обеспечивающий получение алюминиевых полуфабрикатов с повышенным комплексом физико-механических свойств и электропроводимости за счет формирования ультрамелкозернистой структуры;

- установлены закономерности напряженного и деформированного состояния заготовки из алюминиевого сплава в разработанном методе Мульти-РКУП-К, которые позволяют определить оптимальные энерго-силовые параметры для получения алюминиевых полуфабрикатов с требуемым уровнем механических и электрических свойств;

- разработана методика расчета силовых параметров разработанного процесса интенсивной пластической деформации Мульти-РКУП-К, позволяющая определить динамику накопления деформации и установить закономерности формирования необходимой микроструктуры алюминиевой заготовки, обеспечивающей необходимое сочетание высокой прочности и электропроводимости.

Практическая ценность диссертационной работы заключается в следующем:

- предложено устройство для непрерывного углового прессования для реализации разработанного непрерывного метода Мульти-РКУП-К, обеспечивающее получение алюминиевых полуфабрикатов с ультрамелкозернистой структурой, необходимой для достижения высокой прочности и электропроводимости (патент на полезную модель № 161444);

- экспериментально доказано, что обработка алюминиевых полуфабрикатов методом Мульти-РКУП-К приводит к повышению прочности в 1,5

раза, электропроводимости в 1,1 раза за счет формирования ультрамелкозернистой структуры по сравнению с исходным состоянием;

- разработано программное обеспечение для расчета силы прессования процесса Мульти-РКУП-К при проектировании технологии получения длиннономерных полуфабрикатов с ультрамелкозернистой структурой;

- разработаны технологические режимы получения катанки из сплавов системы Al-Mg-Si с повышенным комплексом физико-механических свойств на опытно-промышленной установке, реализующей метод Мульти-РКУП-К.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ РЕЗУЛЬТАТОВ И ВЫВОДОВ ДИССЕРТАЦИИ

Полученные результаты диссертационной работы Э.И. Фахретдиновой могут быть использованы на предприятиях, производящих провода и кабели из алюминия и его сплавов: ЗАО «Волгодонский кабельный завод» (г. Волгодонск), ООО «Петербургский кабельно-проводниковый завод «ПРОК» (г. Санкт-Петербург), ОАО «Амурский кабельный завод» (г. Хабаровск), ЗАО «Волгодонский кабельный завод» (г. Волгодонск), ОАО «Кирсинский кабельный завод» (г. Кирс), ОАО «Рыбинский кабельный завод» (г. Рыбинск) и др.

ЗАМЕЧАНИЯ ПО ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЕ

1. Разработанный вариант технологического процесса и его реализация на предлагаемой оснастке (инструменте) ограничивается скоростями вращения рабочего колеса (от 2 до 10 об/мин). Для равноканальной обработки эти скорости не являются высокими, и в работе следовало бы привести оценку экономической эффективности предлагаемого метода получения алюминиевых полуфабрикатов с использованными скоростями обработки.

2. В практической значимости указано получение полуфабрикатов с ультрамелкозернистой структурой, а в автореферате показано, что структура смешанного типа.

3. В диссертационной работе не представлены исследования масштабного фактора данной схемы прессования, что весьма важно для расширения номенклатуры получаемых полуфабрикатов.

4. Учитывая, что в процессе обработки наблюдается большой деформационный разогрев и, несмотря на проведенные мероприятия по охлаждению технологической оснастки и заготовки на выходе из матрицы, следовало бы больше внимания уделить трибологическим аспектам предлагаемого метода.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ материалов, изложенных в диссертации и автореферате, позволяет сделать следующие выводы.

Диссертация Э.И. Фахретдиновой является научно-квалификационной работой, в которой изложены научно-обоснованные технические и технологические решения по получению алюминиевых деформированных полуфабрикатов для электротехнической промышленности. По совокупности научных и практических результатов работа удовлетворяет требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, определенным п.9 «Положения о присуждении ученых степеней», и соответствует профилю специальности 05.16.05 – Обработка металлов давлением, а ее автор Фахретдинова Эльвира Илдаровна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.05 – Обработка металлов давлением.

Диссертационная работа Э.И. Фахретдиновой и отзыв на нее были заслушаны и обсуждены на заседании кафедры технологий обработки материалов ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова» (Протокол № 7 от 21 марта 2017 г.).

Доктор технических наук, профессор,

заместитель заведующего кафедрой технологий обработки материалов

ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова»

 Моллер Александр Борисович