

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу

Якив்யюк Ольги Викторовны «Разработка технологии получения длинномерных деформированных полуфабрикатов из сплавов системы Al-Mg, легированных скандием, и исследование их свойств», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.05 – Обработка металлов давлением

### 1. Актуальность темы диссертационного исследования

Современное технологическое развитие и глобальная конкуренция определяют особое значение технологий производства материалов для ведущих отраслей промышленности - драйверов экономики, среди которых аэрокосмическая и оборонная промышленность, а также многие направления машиностроения. Алюминиевые сплавы, являясь одним из перспективных видов конструкционных материалов, нуждаются в изучении и развитии с целью гарантированного повышения потребительских характеристик (уровня механических свойств, коррозионной стойкости и др.), включая сравнительно низкую себестоимость. В связи с этим научная новизна и актуальность диссертационной работы Якивьяук О.В., направленной на создание комплекса новых технических и технологических решений для повышения эффективности технологий производства длинномерных деформированных полуфабрикатов из сплавов системы Al-Mg, легированных скандием, являются очевидными.

Автор в представленной для оппонирования диссертационной работе решает задачи по оптимизации составов и получения сплавов с минимальным содержанием скандия, что позволяет снизить себестоимость их производства и расширить рынок сбыта. Разработка эффективных технологий производства длинномерных деформированных полуфабрикатов из этих сплавов, особенно технологий горячей прокатки крупногабаритных слитков, также является одной из актуальных задач развития металлургической промышленности.

Следует отметить, что диссертационная работа Якивбюк О.В. выполнена при реализации проекта 03.G25.31.0265 «Разработка экономнолегированных высокопрочных Al-Sc сплавов для применения в автомобильном транспорте и судоходстве» в рамках Программы комплексных проектов по созданию высокотехнологичного производства, утвержденных постановлением Правительства РФ от 9 апреля 2010 г. №218, что подтверждает актуальность выполненных исследований и высокую ценность их результатов.

## **2. Структура и объем диссертации**

Представленная к защите диссертация состоит из введения, 4 глав, общих выводов, библиографического списка, включающего 156 наименований. Она изложена на 149 страницах машинописного текста, содержит 61 рисунок, 65 таблиц и пять приложений.

В приложениях приведены акты опытно-промышленной апробации в заводских условиях ООО «Завод современных материалов» (ООО «ЗСМ»), ОА «Красноярский машиностроительный завод» (ОА «Красмаш») и внедрения в учебный процесс ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет».

Во введении обоснована актуальность работы и представлена общая характеристика диссертации, сформулирована цель и поставлены задачи для ее реализации, приведены научная новизна и практическая значимость работы, а также изложены основные положения, выносимые на защиту, сведения об апробации работы, публикациях, ее структуре и объеме.

В первой главе диссертации представлен анализ современных технологий получения деформированных полуфабрикатов и их свойств, который основан на изучении достаточно большого количества актуальной информации из различных источников современной научно-технической литературы. Описаны области применения сплавов на основе системы Al-Mg-Sc. Систематизация сведений об алюминиевых сплавах, легированных скандием, позволила обосновать перспективность их использования для

производства длинномерных изделий методами плоской прокатки и совмещенными методами.

**Во второй главе** приведено описание нового алюминиево-магниевого сплава P-1580, который отличается от известных тем, что содержит комплекс легирующих элементов, придающих сплаву высокие прочностные и пластические свойства при снижении содержания скандия в 2-3 раза по сравнению с применяющимся в промышленности сплавом 01570. Это позволяет снизить вес и стоимость конструкций из нового сплава, а также повысить характеристики весовой отдачи. Для обоснования технологических режимов обработки автором проведено компьютерное моделирование процесса горячей прокатки длинномерных деформированных полуфабрикатов из сплавов Al-Mg-Sc с помощью пакета DEFORM-3D. Результаты моделирования позволили провести оценку формоизменения, напряженно-деформированного состояния металла, температуры раската и энергосиловых параметров горячей листовой прокатки. Для оценки разрушения металла при пластической деформации использован критерий Кокрофта-Латама. Научной новизной полученных результатов является то, что в научно-технической литературе отсутствуют данные по режимам прокатки крупногабаритных слитков такого сечения и технологические рекомендации по их реализации. Кроме того, даже промышленные металлургические предприятия имеют небольшой опыт прокатки таких слитков из сплавов системы Al-Mg-Sc, что требует проведения комплексных экспериментальных исследований в производственных условиях.

**Третья глава** содержит методики и результаты экспериментальных исследований прокатки листовых деформированных полуфабрикатов из скандийсодержащих алюминиевых сплавов P-1580 и 01570. Особенностью данных исследований можно считать тот факт, что они проведены в сначала в лабораторных, а затем в промышленных условиях, что дало автору возможность последовательно изучить структуру и свойства литых, деформированных и отожженных полуфабрикатов из исследуемых сплавов и

рекомендовать производственные режимы прокатки. При этом получены опытные партии листового проката с требуемым уровнем механических и эксплуатационных свойств, что подтверждает практическую значимость работы. Разработанные автором технические и технологические решения (технические условия ТУ 1-3-231-2017 на листовый прокат из сплава Р-1580 и маршруты горячей и холодной прокатки) обеспечивают получение деформированных полуфабрикатов с комплексом необходимых прочностных и коррозионных свойств, что позволяет рекомендовать их для изготовления конструкций, применяющихся в автомобиле- и судостроении.

**В четвертой главе** приведены результаты исследований структуры и свойств сварных образцов из полученного листового проката, а также предложена и опробована новая технология получения сварочной проволоки из исследуемых сплавов. Особенность предложенного технического решения заключается в совмещении в одном технологическом цикле процессов беслитковой прокатки-прессования для изготовления заготовки диаметром 9 мм, ее сортовой прокатки и волочения на конечный диаметр 2-3 мм.

Проведенные соискателем исследования и полученные на основании них результаты являются важной составляющей для разработки оптимального, с экономической точки зрения, технологического процесса обработки сплава Р-1580 и изготовления из него различных полуфабрикатов для изготовления сварных конструкций.

Результаты практической реализации, предлагаемых соискателем решений, направлены на создание новых материалов с повышенным комплексом механических и эксплуатационных свойств и технологий их обработки для получения качественной готовой продукции, способной выдерживать конкуренцию на Мировом рынке. Особенностью проведенных исследований является их практическое приложение в виде опытно-промышленных партий готовых изделий и опытная проверка разработанных сплавов и технологий их обработки.

**В заключении** приведены основные выводы и результаты работы.

Личный вклад автора заключается в организации, постановке и реализации компьютерного моделирования и экспериментальных исследований, непосредственном участии в их проведении, в анализе результатов исследований, обобщении и обосновании всех защищаемых положений, внедрении результатов исследований в производство.

### **3. Оформление и представление результатов диссертации**

Текст диссертации выстроен логически верно и написан грамотным техническим языком. Результаты научно-исследовательской работы изложены достаточно полно и последовательно. Материалы проиллюстрированы графиками и рисунками, что позволяет наглядно представить материал. Часть результатов представлена в виде таблиц и фотографий микроструктур готовой продукции из исследуемых сплавов. Выводы по главам диссертации соответствуют их содержанию и отражают полученные результаты.

Результаты диссертационной работы в достаточной мере опубликованы в 12 печатных трудах и тезисах докладов, из них 3 статьи в рецензируемых научных изданиях и 2 патента на изобретение, и доложены на международных, российских и региональных конференциях.

### **4. Научная новизна и практическая значимость диссертации**

К основным результатам диссертации, обладающим научной новизной, относятся следующие разработки:

– разработан опытный сплав системы Al-Mg, экономно легированный скандием, характеризующийся высоким уровнем механических и коррозионных свойств;

– установлены зависимости реологических характеристик предложенного сплава от температурно-скоростных и деформационных параметров обработки;

– определены технологические параметры, усилия и моменты прокатки крупногабаритных слитков из предложенного сплава и установлены закономерности их изменения в процессе деформации металла;

– установлены закономерности изменения механических свойств листового проката из исследуемых сплавов в зависимости от деформационных и температурно-скоростных условий обработки.

**Практическая значимость** работы состоит в научно обоснованных технических и технологических решениях по получению заданного комплекса потребительских свойств длинномерных продуктов из сплавов Al-Mg за счет выбора рационального сочетания химического состава сплавов и технологий их горячей и холодной обработки давлением.

Компьютерная модель процесса горячей прокатки позволяет определить деформационные режимы и энергосиловые параметры для промышленных условий обработки крупногабаритных слитков из алюминиевых сплавов. Сравнение результатов горячей прокатки в промышленных условиях и моделирования показало, что погрешность при определении энергосиловых параметров не превышает в среднем 5–7%, что подтверждает адекватность разработанной модели. Разработанную модель можно применять для анализа формоизменения и энергосиловых характеристик для различных типоразмеров слитков.

Весомую практическую значимость имеют технические решения, защищенные патентами РФ №156613 и №139085, по конструкции установок для совмещенной обработки исследуемых сплавов, с применением которых получены опытные партии сварочной проволоки.

Результаты исследований внедрены в учебный процесс при обучении студентов по направлению «Металлургия», что также подчеркивает их практическое использование.

## **5. Обоснованность и достоверность научных результатов**

Результаты работы являются достоверными и обеспечиваются большим объемом экспериментальных исследований, согласованностью



опытных данных лабораторных и промышленных исследований, дополняют и не противоречат существующим научным знаниям теории и практики обработки металлов давлением и данным, полученными другими авторами. Использование методов компьютерного моделирования и анализа результатов проведенных экспериментов с использованием современного оборудования также способствует получению достоверных результатов.

#### **6. Замечания по работе**

1. Следовало бы в главе 1 представить отдельными разделами (подразделами) анализ технологии получения листовой продукции из алюминиевых сплавов и анализ технологии получения сварочной проволоки.

2. В главе 2 на стр. 44 при описании условий горячей прокатки после первых проходов указано, что «величина обжатия лимитируется только углом захвата и величиной сил, возникающих при прокатке». Если речь идет о допустимых усилиях и моментах прокатки, то неясно, какие ограничения использованы (характеристики оборудования и/или иное).

3. В главе 3 на стр.60 нет информации, на основании какой методики был рассчитан представленный маршрут (таблица режимов) горячей прокатки.

4. В главе 3 на стр. 54 не указано, чем в конкретных условиях обусловлено допустимое значение критерия разрушения 0,28 при моделировании промышленной технологии прокатки листа в проходах 1-17.

5. Не ясно, проводили ли математическое моделирование процесса холодной листовой прокатки, который исследуется в экспериментальном разделе? На основании каких методик были определены энергосиловые параметры холодной прокатки?

6. Следовало бы дать хотя бы прогнозную оценку оптимального (рационального) содержания скандия при экономном легировании сплавов Al-Mg в зависимости от требуемых потребительских характеристик проката. Эта информация в работе есть, но она не представлена в виде причинно-следственной связи.

7. В главе 4 (п.4.2) не приведено информации о калибровке валков стана AF200+180R, поэтому неясно (из табл. 4.14) что подразумевается под «стороной калибра», хотя на стр.111 упоминаются восьмиугольные калибры, а также какие методики применены при расчете усилий и моментов прокатки.

8. Несмотря на высокое качество изложения материала и аккуратное оформление имеются замечания редакционного характера:

- на стр. 4 автореферата (2-й абзац снизу) и стр. 6 диссертации (1-й абзац сверху) после словосочетания «разработка технологии» пропущено слово «производства» или «получения» или иное;
- при описании актуальности работы вместо словосочетания «поиск составов и получение сплавов» следовало бы дать формулировку, поясняющую актуальность с точки зрения ОМД, например «Разработка рациональных режимов деформирования при поиске составов и получении сплавов .... с минимальным содержанием скандия при условии обеспечения заданных механических свойств проката»;
- на стр. 59 указано, что определяли физико-механические свойства катанки, а не образцов из листового металла;
- на стр. 83 имеется неконкретная констатация «температуры испытаний несколько отличались», а также опечатка в комментарии перед рис. 3.16.

Высказанные замечания не снижают ценности диссертационной работы и общего положительного впечатления от содержания и результатов. Ряд замечаний носит дискуссионный характер.

В качестве рекомендаций можно отметить, что на состав нового сплава и способ получения сварочной проволоки целесообразно подать заявки на изобретения, так как эти решения, несомненно, обладают научной и технической новизной и практической значимостью.

## 7. Заключение

1. Диссертационная работа Якивчук Ольги Викторовны является законченной научно-квалификационной работой, в которой изложены



научно-обоснованные технические и технологические решения и разработки, позволившие с применением методик численного моделирования и экспериментального анализа разработать комплекс технических и технологических решений для повышения эффективности производства длинномерных деформированных полуфабрикатов из сплавов системы Al-Mg, легированных скандием. Поскольку изделия из этих сплавов широко применяются в различных отраслях промышленности, она имеет существенное значение для экономики и обороноспособности страны.

2. Содержание диссертации и автореферата по своей актуальности, научной новизне, теоретической и практической значимости, а также полученным результатам соответствует паспорту специальности 05.16.05 – Обработка металлов давлением.

3. Диссертация отвечает требованиям ВАК РФ к кандидатским диссертациям в соответствии с п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», а ее автор Якивбюк Ольга Викторовна, заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.05 – «Обработка металлов давлением».

Официальный оппонент:

доктор технических наук, профессор,  
проректор по научной и инновационной  
работе ФГБОУ ВО «Магнитогорский  
государственный технический  
университет им. Г.И. Носова»



Тулупов  
Олег Николаевич

*12.11.2018*

Адрес: 455000, Россия, г. Магнитогорск, проспект Ленина, д.38

Тел.: +7 (351) 929 84 09

E-mail: o.tulupov@magtu.ru

