

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Якивьюк 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

Диссертационная работа О.В. Якивьюк посвящена вопросам повышения эффективности применения технологий термодеформационной обработки для производства длинномерных деформированных полуфабрикатов из сплавов системы Al-Mg, экономнолегированных скандием.

Решение указанной проблемы основано на дальнейшем совершенствовании технологических процессов горячей и холодной прокатки крупногабаритных слитков и разработке режимов обжатий для получения листовых полуфабрикатов из этих сплавов, используемых для нужд судостроительной и автомобильной отраслей промышленности. Важность решения этой проблемы подчеркивается тем, что данные исследования выполнялись 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.

По своей направленности и полученным результатам рассматриваемая работа представляет широкое и комплексное исследование, включающее анализ областей применения исследуемых сплавов и их деформационной обработки, постановку и решение задач по созданию технологий производства из них плоского проката, сварочной проволоки, сварных соединений, а также изучение свойств деформированных, отожженных и сварных полуфабрикатов, полученных в лабораторных и промышленных условиях.

Актуальность. В связи с тем, что к конструкциям в машиностроительной отрасли предъявляются жесткие требования по надежности, весовым и эксплуатационным характеристикам, а также экономическим показателям, безусловно, разработка технологий производства длинномерных изделий из свариваемых деформируемых термически неупрочняемых алюминиевых сплавов, обладающих высокими показателями прочности и коррозионной стойкости, является актуальной задачей. В качестве таких

сплавов можно выделить сплавы системы Al-Mg, легированные скандием, использование которых в настоящее время сдерживается их сравнительно высокой стоимостью. Поэтому поиск новых составов таких сплавов с минимально возможным содержанием скандия и технологий их деформационной обработки в настоящее время является приоритетным направлением развития глубокой переработки алюминия. Кроме того, необходимость снижения массы и металлоемкости конструкций, а также организация производства собственной отечественной алюминиево-скандиевой лигатуры, позволяет прогнозировать их широкое применение в недалеком будущем. Следует отметить, что наличие добавок скандия и циркония, несмотря на их малое содержание (в сумме менее 0,4 масс.%) резко изменяет требования к технологическим режимам по сравнению с обычными магналиями типа АМг5/АМг6.

На основании вышеизложенного, тему диссертационной работы Якивюк О.В., целью которой является создание комплекса технических и технологических решений для производства длинномерных деформированных полуфабрикатов из сплавов системы Al-Mg-Sc, в том числе экономно легированных скандием, следует признать актуальной.

Структура и содержание работы. Диссертация изложена на 149 страницах машинописного текста, содержит 65 таблиц и 61 рисунок, список литературы из 156 источников, а также пять приложений.

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, приведены цели и задачи работы, сформулированы основные положения, выносимые на защиту, научная новизна и практическая значимость результатов исследований.

Первая глава диссертации посвящена анализу областей применения сплавов на основе системы Al-Mg, технологий получения деформированных полуфабрикатов и их свойств. На основе изучения достаточно большого объема научных публикаций как отечественных, так и зарубежных ученых, автор обосновывает перспективность использования алюминиевых сплавов, легированных скандием, для производства длинномерных изделий методами плоской прокатки и совмещенными методами. Глава построена вполне логично, поэтому её завершение в виде формулировки целей и задач исследования воспринимается убедительно.

Во второй главе описаны технические решения по составу нового сплава Р-1580 системы Al-Mg, отличительной особенностью которого является то, что содержание скандия в нем не превышает 0,12 масс.% (т.е. в 2 раза ниже по сравнению с известным сплаве 01570). Описаны результаты моделирования, на основании которых предложены режимы прокатки в промышленных условиях, проанализировано формоизменение,

изучены температурные условия и напряженно-деформированное состояние металла. Выполнена оценка причин разрушения раската в прикромочной области.

Третья глава включает описание методик проведения и результатов экспериментальных исследований листовой прокатки деформированных полуфабрикатов из исследуемых сплавов. На основании данных расчета режимов деформации металла предложены маршруты горячей и холодной прокатки, опробованные в лабораторных и промышленных условиях, выполнен анализ структуры и свойств образцов плоского проката. Практическим результатом проведенных исследований является разработанная автором технология прокатки крупногабаритных слитков из сплавов системы Al-Mg, легированных скандием, и технические условия на листовой прокат из экспериментального сплава этой системы, экономно легированного скандием.

В четвертой главе приведены технические и технологические решения по получению сварочной проволоки с применением методов бесслитковой прокатки-прессования, сортовой прокатки и волочения. Объединение процессов бесслитковой прокатки-прессования и других методов обработки при массовом производстве длинномерных изделий, к числу которых относятся прутки и проволока из алюминиевых сплавов, несомненно, является актуальным. Исследования структуры и свойств металла подтверждают, что полученные полуфабрикаты (плоский прокат, сварочная проволока) и сварные соединения из них имеют высокий уровень свойств и коррозионную стойкость, что делает полуфабрикаты из предлагаемого сплава конкурентоспособным по сравнению со сплавом 01570 за счет снижения их себестоимости.

В заключении представлены основные выводы и результаты работы.

Научная новизна исследования состоит в том, что автором изучены и проанализированы закономерности изменения механических свойств и формирования структуры полуфабрикатов из сплавов системы Al-Mg-Sc, в том числе из сплава, экономнолегированного скандием, в зависимости от деформационных и температурно-скоростных параметров обработки. При этом с использованием результатов компьютерного моделирования обоснованы технологические параметры горячей листовой прокатки крупногабаритных слитков из исследуемых сплавов, определены усилия и моменты и установлены закономерности их изменения. Научный интерес представляют данные по реологическим свойствам сплавов системы Al-Mg с различным содержанием скандия в широком диапазоне изменения температурно-скоростных и деформационных параметров обработки.

Практическая значимость диссертации заключается в том, что на основании полученных автором результатов исследования и предложенных новых технических и

технологических решений созданы достаточно эффективные технологии получения длинномерных деформированных полуфабрикатов для нужд автомобиль- и судостроения. Несомненным достоинством работы является то, что конструкция устройства для совмещенной обработки, применяемая для получения сварочной проволоки из исследуемых сплавов, защищена патентом РФ. Результаты исследований прошли промышленную апробацию и внедрены в учебный процесс, что подчеркивает весомый вклад автора в развитие отечественной металлургии.

Достоверность научных результатов. Следует отметить, что научные положения, выводы и рекомендации, сделанные автором, основаны на результатах, прошедших апробацию в условиях производства. Результаты компьютерного моделирования были подтверждены в ходе лабораторных и промышленных испытаний.

Диссертация изложена последовательно, грамотным техническим языком. Автореферат соответствует содержанию диссертации. Материалы работы в достаточной степени опубликованы в научной печати и обсуждены на научных конференциях различного уровня. Содержание диссертации соответствует специальности 05.16.05 – Обработка металлов давлением.

Основные вопросы и замечания по работе

Несмотря на описанные достоинства и, в целом, положительное впечатление от работы, в диссертации имеются и некоторые недостатки.

1. Первый пункт научной новизны (а также первый вывод по диссертации) «.....предложен новый сплав.....» представляется некорректным, поскольку сам диссертант отмечает, что «...второй сплав Р-1580 был предложен сотрудниками инженерно-технологического центра компании РУСАЛ, и содержание в нем скандия было снижено до 0,12 %, что почти в три раза меньше, чем в сплаве 01570...» (с.40). Из этого следует, что состав сплава Р-1580 был уже задан, а диссертационная работа была направлена, главным образом, на обоснование режимов термодёформационной обработки слитков этого сплава.
2. Известно, что для формирования наночастиц фазы $Al_3(Sc,Zr)$, которые определяют повышенные прочностные свойства сплавов 01570 и Р-1580 по сравнению с обычными магналиями, температура литья должна быть выше ликвидуса. В то же время в п.3.3, в котором описываются исходные слитки, полученных в условиях опытно-промышленного литья, этот важнейший параметр литья не рассматривается. В этой связи некритическая ссылка на с.66-67 («Как отмечает автор работы [17], независимо от формы слитка на формирование упрочняющей фазы $Al_3(Sc,Zr)$, расходуется 50% вводимых в сплав скандия

и циркония. Остальное количество указанных элементов входит в состав первичных интерметаллидов») представляется странной. Ведь из этого следует, что половина дорогостоящего скандия используется впустую. Может надо рекомендовать снизить концентрации Zr и Sc до уровня, при котором эти элементы при кристаллизации полностью входят в алюминиевый твердый раствор?

3. Из результатов микрорентгеноспектрального анализа, приведенных на рис.3.9, следует, что скандий и цирконий присутствуют только в первичных интерметаллидах. А какая же концентрация этих элементов в алюминиевом твердом растворе, из которого и формируются наночастицы фазы $\text{Al}_3(\text{Sc},\text{Zr})$?

4. Прочностные свойства, приведенные в табл.3.10, представляются завышенными. В частности, временное сопротивление сплава Р-1580 при 370°C составляет 156 МПа, а у промышленного сплава 355 (аналог АК5М) при этой же температуре всего 38 МПа (по данным справочника: Kaufman J. Gilbert, Rooy Elwin L. Aluminum Alloy Castings: Properties, Processes, and Applications. Materials Park, ASM International, 2004, C.227). У заведомо более жаропрочного сплава 2024 (аналог Д16) соответствующее значение составляет 60 МПа (по данным справочника: Алюминий. Свойства и физическое металловедение: Справоч. изд. / под ред. Дж.Е.Хэтча: пер.с англ. М.: Металлургия, 1989. С.361). По этой таблице есть и другой вопрос: почему испытывали литые образцы, а не гомогенизированные?

5. Текст на с.74 («...Результаты исследований свойств литых, деформированных и отожженных полуфабрикатов приведены в таблице 3.13...») требует пояснения: «Литые полуфабрикаты» это литые слитки (негомогенизированные)?

6. Текст на с. 83 («..Показатели прочности и пластичности образцов, испытанных в лаборатории «СФУ», выше в связи с тем, что температуры испытаний несколько отличались. ...») представляется странным, поскольку он относится к рис.3.15, на котором представлены зависимости свойств от температуры испытания в достаточно широком диапазоне температур. Вероятно, причиной различия в значениях прочности является различие в условиях испытания (в частности, разное время нагрева образцов).

7. Используемый в диссертации термин «жаропрочные испытания» (например в названии табл.3.17) некорректен. Правильно «испытания на жаропрочность», в данном конкретном случае «испытания на статическое растяжение при повышенных температурах» (по ГОСТ 9651-84).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ПО РАБОТЕ

Представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук диссертация Якивьюк Ольги Викторовны является законченной научно-квалификационной работой, решающей важную для металлургической отрасли задачу повышения конкурентоспособности отечественных деформированных полуфабрикатов из сплавов алюминия со скандием за счет создания комплекса технических и технологических решений, направленных на оптимизацию состава этих сплавов и технологий их термодеформационной обработки. Результаты исследований, представленные автором, обладают научной новизной, практической значимостью и достоверностью. По работе имеется ряд замечаний, которые не снижают ее значимости и носят в основном дискуссионный характер. Диссертационная работа Якивьюк О.В. выполнена на высоком научно-исследовательском уровне, по своей актуальности, научной новизне, практической значимости и полученным результатам соответствует паспорту специальности 05.16.05 – Обработка металлов давлением, отвечает требованиям ВАК РФ к диссертациям в соответствии с п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Якивьюк Ольга Викторовна, заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.05 – «Обработка металлов давлением».

Официальный оппонент:

доктор технических наук, профессор,
главный научный сотрудник кафедры
обработки металлов давлением
НИТУ «МИСиС»

Белов Николай Александрович

20.11.2018

Адрес: 119049, Россия, г. Москва, Ленинский проспект, д.4

Тел.: +7 (915) 414 59 45

E-mail: nikolay-belov@yandex.ru

Подпись Белова Н.А. заверяю.

