

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ЭКСПЕРТНОЙ КОМИССИИ

по защите диссертации Кищика Михаила Сергеевича на тему «Формирование микрозеренной структуры в алюминиевом сплаве 1565ч путем термической и термомеханической обработки», представленной на соискание ученой степени по специальности 05.16.01 «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов» и состоявшейся в НИТУ «МИСиС» 21 мая 2019 года.

Диссертация принята к защите Диссертационным советом НИТУ «МИСиС» 11.02.2019, протокол №06.

Диссертация выполнена на кафедре металловедения цветных металлов НИТУ «МИСиС» Министерства науки и высшего образования РФ.

Научный руководитель - кандидат технических наук, Михайловская Анастасия Владимировна, доцент кафедры металловедения цветных металлов НИТУ «МИСиС».

Научный консультант - доктор технических наук, Портной Владимир Кимович, профессор кафедры металловедения цветных металлов НИТУ «МИСиС».

Экспертная комиссия утверждена Диссертационным советом НИТУ «МИСиС» (протокол № 06 от 11.02.2019) в составе:

1. Белов Николай Александрович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры обработки металлов давлением НИТУ «МИСиС»;
2. Деев Владислав Борисович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры литейных технологий и художественной обработки материалов НИТУ «МИСиС»;
3. Капуткина Людмила Михайловна, доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник кафедры обработки металлов давлением НИТУ «МИСиС»;
4. Добаткин Сергей Владимирович, доктор технических наук, профессор, заведующий лабораторией металловедения цветных и легких металлов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук;
5. Колобнев Николай Иванович, доктор технических наук, профессор.

В качестве ведущей организации утверждено АО «Арконик СМЗ».

Экспертная комиссия отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- Установлено, что применение для горячекатаных полуфабрикатов сплава 1565ч перед холодной прокаткой на 50% гетерогенизационного отжига, приводит к формированию в 1.3 раза меньшего среднего размера зерна после последующего рекристаллизационного отжига. При этом, экспериментальные технологии, включающие гетерогенизационный отжиг, обеспечивают листам исследуемого сплава толщиной до 5 мм сверхпластичное состояние при

подсолидусной температуре, что подтверждено испытаниями на одноосное растяжение и сверхпластической формовкой модельных деталей.

- Установлено, что всесторонняя изотермическая осадка при температуре выше $0,7T_{пл}$ приводит формированию неоднородной зеренной структуры с участками, мелких (менее 10 мкм) рекристаллизованных и крупных (более 50 мкм) нерекристаллизованных зерен, при этом доля мелкозернистого объема увеличивается с увеличением степени деформации и достигает 90% при накопленной деформации 10,5.
- Установлено, что благодаря выделению частиц β -фазы использование гетерогенизационного отжига между ковочными операциями при всесторонней изотермической осадке приводит к повышению однородности зеренной структуры и существенному уменьшению среднего размера зерна.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- Установлено, что в сплаве на основе системы Al-Mg (1565ч) выделение частиц β – фазы (Al_3Mg_2) в процессе гетерогенизационного отжига в комплексе с холодной деформацией позволяет получить более равноосную и мелкозернистую структуру по сравнению с промышленной технологией, за счет увеличения числа зародышей новых зерен при рекристаллизации. Формирование микрозеренной структуры (размером менее 10 мкм) позволяет повысить механические свойства при комнатной температуре и улучшить показатели сверхпластичности при подсолидусной температуре, что подтверждает применимость гетерогенизационного отжига с целью улучшения механических свойств сплавов данного типа.
- Показано, что в процессе всесторонней изотермической осадки при температуре выше $0,7T_{пл}$ происходит формирование областей ультрамелкозернистой структуры с размером зерна 1–2 мкм посредством динамической/постдинамической рекристаллизации и областей крупных слабодеформированных зерен размерами 50–100 мкм, при этом увеличение накопленной степени деформации приводит к увеличению мелкозернистого объема, а применение гетерогенизационного отжига в промежуточных этапах всесторонней осадки, обеспечивающего выделение β -фазы в теле деформированных зерен, практически устраняет бимодальность структуры в центральном сечении образца и обеспечивает уменьшение размера рекристаллизованных зерен.
- Показано, что всесторонняя изотермическая осадка обеспечивает увеличение равноосности и уменьшение среднего размера частиц фаз кристаллизационного происхождения и вторичных дисперсоидов в сплаве 1565ч.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

- Показано, что применение гетерогенизационного отжига к листовым заготовкам в промышленных условиях позволяет сформировать микрозеренную структуру и убрать ее анизотропию, за счёт чего повышается

относительное удлинение при комнатной температуре и обеспечивается сверхпластичное состояние при подсолидных температурах.

- Показано, что всесторонняя изотермическая осадка является эффективным способом получения ультрамелкозернистой структуры в массивных заготовках из слитка сплава системы Al–Mg 1565ч и может рассматриваться как альтернатива горячей прокатке при получении листовых полуфабрикатов, так как позволяет получить более высокие механические свойства и обеспечить способность к сверхпластической деформации при повышенных скоростях.
- Разработаны и защищены Ноу–Хау (3 шт.) технологии термомеханической обработки, обеспечивающие равноосную микроструктуру и повышение механических свойств и показателей сверхпластичности в листовых заготовках, в том числе повышенной толщины (до 5 мм) или массивных заготовках сплава 1565ч.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- для экспериментальных работ использовано современное оборудование, использованы современные методики сбора и обработки исходной информации
- установлено качественное и количественное совпадение авторских результатов с результатами, представленными в независимых источниках по данной тематике в некоторых взятых для сравнения сплавах

Личный вклад соискателя:

Соискатель принимал активное участие в постановке всех экспериментов, лично проводил изготовление и подготовку образцов исследования, проектировал оснастку и разрабатывал основные методики экспериментов, проводил все основные эксперименты, исследования микроструктуры, анализировал полученные результаты, принимал активное участие в обсуждении полученных результатов, формировании основных выводов, подготовке и написании научных публикаций.

Соискатель представил 3 публикации в научных изданиях из перечня ВАК WOS/Scopus, и 12 публикаций в других источниках.

Пункт 2.6 Положения присуждения ученой степени кандидата наук, ученой степени доктора наук НИТУ «МИСиС» соискателем ученой степени не нарушен.

Диссертация Кищика М.С. соответствует критериям п. 2 Положения о порядке присуждения ученых степеней в НИТУ «МИСиС», так как в ней на основании выполненных автором исследований:

путем последовательного анализа эволюции микроструктуры исследуемого сплава типа магналий в процессе термомеханической обработки, предложены новые технологические решения, обеспечивающие формирование микроструктуры и как следствие существенное улучшение механических свойств и показателей сверхпластичности.

Экспертная комиссия приняла решение о возможности присуждения Кищику Михаилу Сергеевичу ученой степени кандидата технических наук по

специальности 05.16.01 «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

5 При проведении тайного голосования экспертная комиссия в количестве 5 человек, участвовавших в заседании, из 5 человек, входящих в состав комиссии, проголосовала: за 5, против ~~Нес~~ недействительных бюллетеней ~~Нес~~

Председатель Экспертной комиссии

Белов Н.А.