

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы Кищик Анны Алексеевны  
«Разработка сплавов на основе системы Al-Mg с высокоскоростной  
сверхпластичностью», представленной на соискание ученой степени  
кандидата технических наук по специальности

05.16.01 «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

Сверхпластическая формовка (СПФ) позволяет производить цельные изделия сложной формы за одну операцию, сократить количество сварных швов, исключить остаточные напряжения, снизить массу конструкции и энергозатраты, в разы уменьшить стоимость штампового инструмента за счет его изготовления из дешевых материалов. Для проявления эффекта сверхпластичности необходимо, чтобы размер зерна в листах сплава был менее 10 мкм и сохранял стабильность при деформации, при этом, чем меньше размер зерна, тем выше скорость формовки и выше производительность метода. Реализуют на текущий момент скорости  $10^{-3} \text{ с}^{-1}$ , очевидно, что увеличение скорости на порядок до  $10^{-2} \text{ с}^{-1}$ , сократит время формовки и расширит использование технологии в решении задач современного машиностроения. Магналии наиболее широко применяют для СПФ, и именно сплавы этой группы имеют большой потенциал для расширения применения СПФ в промышленности. Существующие промышленные магналии при высоких для сверхпластичного состояния скоростях деформации около  $10^{-2} \text{ с}^{-1}$ , имеют относительное удлинение не выше 250%, что позволяет формовать только простые изделия с минимальной деформацией и нивелирует возможности СПФ. Представленная работа направлена на получение новых сплавов на основе системы Al-Mg сверхпластичных при скоростях  $10^{-2} \text{ с}^{-1}$  с удлинениями 400%, достаточными для получения изделий сложной формы.

В работе продемонстрирован новый подход в получении микрозеренной структуры. Автором исследована классические сплавы системы Al-Mg-Mn с различным содержанием магния и влияние гетерогенной структуры на показатели сверхпластичности. Показано, что получение структуры с оптимальной гетерогенностью возможно за счет легирования эвтектикообразующими и дисперсоидообразующими элементами. Плюсом представленной технологии является максимально простая схема получения листов, без длительных и трудозатратных операций. В работе детальное исследование фазового состава и эволюции микроструктуры сплавов в процессе получения листа и сверхпластического течения. В сплавах предложенных составов показана возможность формирования перед началом СПД двух типов микроструктуры:

рекристаллизованной с размером зерна 3-5 мкм в сплавах с марганцем и хромом и практически нерекристаллизованной - в сплавах с повышенным содержанием эрбия, циркония и/или скандия. Обе группы сплавов проявляют способность к сверхпластической формовке со скоростями  $10^{-2} \text{ с}^{-1}$  и выше. При этом, сплавы имеют механические свойства при комнатной температуре выше, чем у сплавов-аналогов с тем же содержанием магния. Научная новизна и практическая значимость результатов не вызывают сомнений. Результаты диссертационной работы обсуждены на конференциях всероссийского и международного уровней и опубликованы в 8 статьях в рекомендованных ВАК изданиях и одном международном патенте.

По автореферату диссертационной работы можно сделать следующее замечание. Из текста автореферата не очевидно с какой целью был выбран метод всесторонней изотермическойковки для подготовки структуры и насколько целесообразно применение данной технологии при получении листовых полуфабрикатов, с учетом сложности технологии, дорогостоящей оснастки и неоднородности формирующейся структуры.

Представленное замечание не снижает общей положительной оценки работы Кищик А.А., полученные диссертантом результаты соответствуют поставленной цели и задачам исследования, диссертационная работа является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на высоком научном уровне, а ее автор Кищик Анна Алексеевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01 «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

Должность, организация  
кандидат технических наук,

Рылов Дмитрий Сергеевич

Адрес электронной почты: [drylov@mail.ru](mailto:drylov@mail.ru)

технолог ООО «СПЕКТР»

Адрес организации: г.Москва ул. Смольная 12, оф. 82

Телефон: +7926-203-93-34

Подпись Рылова Дмитрия Сергеевича заверяю  
11 июня 2021 г.

Генеральный директор  
Рязанский Е.Н.

