

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы Ли Анны Владимировны «Структура, механические и коррозионные свойства биорезорбируемых магниевых сплавов систем Mg-Zn-Ga и Mg-Zn-Ca-Mn медицинского назначения», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.1 – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

Использование биodeградируемых металлических материалов, применяемых в качестве временных костных имплантатов в травматологии, ортопедии, остеосинтезе и т.д., является актуальным направлением в современном биомедицинском материаловедении. Основной причиной использования данных материалов является то, что в некоторых случаях после полного восстановления поврежденной костной ткани имплантируемые устройства необходимо удалять из организма человека. Повторное хирургическое вмешательство с целью удаления отслужившего имплантата, наряду с дополнительной нагрузкой на организм пациента, значительно повышает стоимость оказания медицинских услуг. В связи с этим, разработка и применение биodeградируемых металлических материалов является обоснованным и значимым. Основными потенциальными сплавами, применяемыми для изготовления биodeградируемых имплантатов, являются сплавы на основе Mg, сплавы на основе Zn и сплавы на основе Fe. Главным преимуществом магниевых сплавов по сравнению с вышеперечисленными биodeградируемыми сплавами, является наиболее подходящее значение модуля Юнга (43-45 ГПа), приближенное к модулю Юнга кортикальной кости (15-30 ГПа). Однако недостатком магниевых сплавов является низкие механические свойства и высокая скорость биodeградации, на решение которых была направлена настоящая диссертационная работа, посредством применения различных методов термомеханической обработки, таких как горячая экструзия, волочение и ротационная ковка, а также установление оптимального химического состава сплавов систем Mg-Zn-Ga и Mg-Zn-Ca-Mn. В связи с этим, тема диссертационной работы Ли А.В., направленная на изучение структуры, механических и коррозионных свойств биорезорбируемых магниевых сплавов медицинского назначения, является актуальной.

В диссертационной работе Ли А.В. проведены исследования по поиску оптимального химического состава магниевых сплавов систем Mg-Zn-Ga и Mg-Zn-Ca-Mn, а также дальнейшее применение к выбранным сплавам различных методов термомеханической обработки. Определены точные составы сплавов, обеспечивающие требуемые механические и коррозионные свойства, а именно для системы Mg-Zn-Ga содержание легирующих элементов должно быть строго 2 % масс., для системы Mg-Zn-Ca-Mn содержание Zn, Ca и Mn должно быть 2,0; 0,5 и 1,0 %, соответственно. Установлено, что рекомендуемая температура горячей экструзии, с точки зрения повышения механических свойств и высокой степени биосовместимости в условиях *in vitro* для сплава системы Mg-Zn-Ga составляет 150 °C, и, для сплава системы Mg-Zn-Ca-Mn - 300 °C. Необходимо отметить, что в диссертационной работе Ли А.В. установлены наилучшие методы комбинированной термомеханической обработки, обеспечивающие наилучший баланс прочности, пластичности и коррозионной стойкости – горячая экструзия (6 мм) с последующим волочением до 3,3 мм. Также особого внимания заслуживает тот факт, что в рамках диссертационной работы были проведены доклинические испытания методом *in vitro* на клеточных организмах, и *in vivo* на лабораторных животных, что несомненно повышает уровень работы.

По содержанию автореферата следует сделать следующие замечания:



1. Из автореферата не понятно, чем объяснен выбор температуры термомеханической обработки – горячая экструзия, волочение и ротационная ковка. По мнению рецензента, перед проведением вышеупомянутых методов термомеханической обработки, автору необходимо было бы провести реологические испытания в широком интервале температур и скорости деформации на высокоточном лабораторном оборудовании для моделирования *Gleeble System 3800*, которое предназначено для статических и динамических испытаний металлов и сплавов, имитирующее термические и деформационные условия, приближенные к реальным, с целью дальнейшего изучения структуры и свойств, и, соответственно, установления благоприятных режимов термомеханической обработки.

2. Автор диссертационной работы не указал, производились ли замены коррозионной среды (раствор Хэнкса) с частотой не менее 2-3 раз в неделю в процессе длительных коррозионных испытаний. Был ли предусмотрен отвод продуктов коррозии от поверхности исследуемых образцов, например, перемешиванием коррозионной среды, поскольку известно, что в реальных условиях в процессе жизнедеятельности организма человека происходят постоянные регенерационные процессы, обеспечивающие отвод продуктов взаимодействия материала имплантата с биологической средой? Не соблюдение данных требований могло послужить причиной разной скорости коррозии исследуемых сплавов, определенных различными методами (длительные коррозионные испытания и электрохимические исследования).

3. Из текста автореферата не ясно какой из факторов, например, механические свойства, скорость биodeградации, биосовместимость являются приоритетным при выборе материала для потенциальных костных биodeградируемых имплантатов?

Сделанные замечания не влияют на положительную оценку диссертационной работы. Диссертационная работа Ли А.В. является законченным научным исследованием, а ее автор заслуживает присуждения степени кандидата технических наук по специальности 2.6.1 – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

Кадилов Пулат Оманович

Кандидат технических наук (специальность 05.17.03. – технология электрохимических процессов и защита от коррозии),

Инженер научного проекта Национального исследовательского технологического университета «МИСИС».

119049, Москва, Ленинский пр-кт, д. 4, стр. 1.

Тел. +7-(913)-119-73-90

e-mail: Pulat\_1993-2009@mail.ru

