

ОТЗЫВ

На автореферат диссертации 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

Биорезорбируемые сплавы – естественная альтернатива имплантатам из сплавов титановой группы, так как минимизация инвазивного вмешательства в организм человека определённо положительно сказывается на его состоянии и времени реабилитации. В свете этого разработка новых составов биорезорбируемых сплавов и исследование способов модернизации их структуры и свойств является крайне актуальной задачей. Диссертационная работа Ли А.В. является комплексной и имеет фундаментальный характер, так как диссертант смог затронуть такие аспекты как подбор составов сплавов, их получение, термическую обработку и деформацию, а также исследовать влияние состава и видов обработки на структуру и свойства различных композиций системы Mg-Zn, легированной Ga, Ca и Mn. Хочется отметить огромный объем экспериментальных исследований структуры, механических и физических свойств в различных состояниях одновременно нескольких новых, разработанных автором, композиций, в результате чего полученные результаты, несомненно, имеют научную новизну и практическую значимость.

Научная новизна диссертационного исследования заключается в том, что диссертантом разработаны новые составы сплавов системы Mg-Zn с дополнительным легированием Ga, Ca и Mn. Было также установлено, что для получения необходимого уровня механических и коррозионных свойств для их успешного применения в имплантологии для сплавов системы Mg-Zn-Ga содержание Zn и Ga должно находиться на уровне 2 % мас. для каждого из элементов, а для сплавов системы Mg-Zn-Ca-Mn содержание Zn, Ca и Mn должно быть 2,0; 0,5 и 1,0 % мас.

Получены новые данные о влиянии пластической деформации на структуру и свойства разрабатываемых композиций. Показано, что экструзия способствует измельчению зёрнистой структуры сплавов Mg-Zn-Ga и Mg-Zn-Ca-Mn, что приводит к повышению механических свойств. Для достижения высоких механических свойств ($\sigma_T > 150$ и $\sigma_B > 300$ МПа и $\delta > 10$ %) и сопротивления коррозии (скорость коррозии $< 0,5$ мм/г.) рекомендуемая температура экструзии для сплавов системы Mg-Zn-Ga – 150 °С, для сплавов системы Mg-Zn-Ca-Mn – 300 °С. А сплав $MgZn_2Ga_2$, подвергнутый горячей экструзии, ротационной ковке и волочению демонстрирует хороший баланс прочности и пластичности $\sigma_T = 340$ МПа и относительное удлинение $> 14,6\%$.

На основе комплексных исследований показано негативное влияние всех легирующих элементов на коррозионную стойкость в биоактивных средах. При этом резкое повышение скорости коррозии наблюдается при появлении в структуре сплава избыточных фаз, провоцирующих гальваническую коррозию.

Анализ результатов исследования цитотоксичности показал, что сплавы $MgZn_2Ga_2$ и $MgZn_2Ca_{0,7}Mn_1$ после экструзии обладают высокой степенью биосовместимости в условиях *in vitro* (клеточная культура MG-63). Сплав $MgZn_2Ga_2$ обладает высокой степенью биосовместимости, что подтверждается испытаниями *in vivo* (мелкие животные – крысы), в рамках которых произошла полная резорбция имплантата в течение 6 месяцев.

Практическая значимость работы подтверждается тем, что диссертантом разработаны технологические подходы для получения образцов сплавов системы Mg-Zn, легированных Ga, Ca и Mn, сочетающие в себе технологические операции (литье + термомеханическая обработка), которые необходимы для получения конечных изделий типа винт, мембрана и т.д. Проведена апробация в промышленных условиях разработанных технологических подходов. Практическая значимость полученных результатов подтверждена результатами испытаний *in vivo* на животных, где была продемонстрирована полная резорбция изготовленного имплантата в течение 6 месяцев. Получен патент «Магниевый сплав и способ получения заготовок для изготовления биорезорбируемых систем фиксации и остеосинтеза твердых тканей в медицине» и зарегистрировано ноу-хау «Способ получения прутков калиброванных для изготовления биорезорбируемых систем фиксации, применяемых в медицине»

Автореферат диссертации написан научным и понятным языком с использованием общепринятой терминологии. Исследования проведены на современном оборудовании с привлечением современных методик, а полученные результаты доложены на множестве конференций, в том числе международного уровня, проводившееся зарубежом. По материалам диссертации у Автора имеется 9 публикаций, 6 из которых входят в базы данных и Web of Science.

В качестве замечаний и пожеланий можно выделить следующее:

сожалению, автореферат содержит досадные опiski и лексические ошибки. Однако это не осложняет понимание текста и интерпретации полученных результатов.

втор говорит, что для высоколегированных сплавов ($MgZn_4Ga_4$, $MgZn_4Ga_4Y_{0.5}$, $MgZn_{6.5}Ga_2$) предел текучести при растяжении увеличивается при повышении температуры экструзии от 150 до 200 °C, однако, с чем это связано не упоминается. Ведь большая температура деформации должна приводить к росту структурных составляющих и уменьшению прочностных свойств.

автореферате есть упоминание термина «рекристаллизованное зерно», однако, не понятно, на основе чего делается вывод о том, что структура того или иного сплава находится в рекристаллизованном, а не, например, в полигонизованном состоянии.

сожалению, в автореферате не приведены рассчитанные автором диаграммы состояния, но представлен лишь фазовый состав при комнатной температуре. Было бы интересно проанализировать фазовые диаграммы при температурах деформации, использованных в работе, что, вероятно, облегчило бы понимание влияния пластической деформации на механические свойства.

Учитывая комплексность и масштабность диссертационного исследования, охватить все аспекты невозможно с практической точки зрения. Поэтому сделанные замечания никак не отражаются на общей положительной оценке диссертационной работы и не влияют на значимость полученных результатов. Диссертационная работа является законченным научным исследованием и соответствует критериям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней в Национальном исследовательском технологическом университете «МИСИС», а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.1 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов.

Доцент, сектор научной деятельности, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский политехнический университет», кандидат технических наук (2.6.5). 107023, г. Москва, ул. Большая Семёновская, 38.

Володько Сергей Сергеевич



14 12 2023 г.

Эл. почта: volodko.sv@yandex.ru

Тел: +7 (953) 195-58-87

Автор отзыва дает согласие на обработку персональных данных, необходимых для процедуры защиты диссертации Ли А.В.

подпись Володько С.С. заверяю

ДЕЛОПРОИЗВОДИТЕЛЬ
ПОГОРЕЛОВА А.В.

