

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Мягких П.Н. на тему «Влияние структурообразующих факторов на кинетику процессов деградации магниевого сплава медицинского назначения ZX10», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.3.8. «Физика конденсированного состояния»

Актуальность диссертационной работы

Диссертация Мягких П.Н. посвящена изучению влияния структурообразующих факторов на кинетику процессов деградации магниевого сплава медицинского назначения ZX10. Данная тема на сегодняшний день является чрезвычайно актуальной для медицины, поскольку при использовании саморастворяющихся имплантатов отпадает необходимость в проведении повторной операции по их извлечению после окончания процесса заживления. Однако разработка подобных изделий требует досконального знания о природе процессов взаимодействия магниевых сплавов со средами, близкими по ионному составу к крови человека. Многие вопросы в этой области знаний до сих пор изучены недостаточно. В частности, из фокуса внимания исследователей часто выпадает такая важная характеристика, как кинетика и стадийность процесса растворения магниевых сплавов. Другое важное направление относится к выявлению и обоснованию влияния на процесс растворения и образования на поверхности повреждений таких факторов, как кристаллографическая ориентация зерна и электродный потенциал частиц вторичных фаз и включений. В целом актуальность работы обусловлена возможностью практического использования полученных результатов при разработке биорастворимых медицинских имплантатов из магниевых сплавов.

Общая характеристика работы

Диссертационная работа состоит из введения, 5 глав, заключения и списка литературы, содержащего 85 наименований. Диссертация изложена на 153 страницах машинописного текста, включает 88 рисунков, 8 таблиц и 1 приложение.

Во введении обоснована актуальность выбранной темы, определены объект и предмет исследования, поставлена цель научного исследования, сформулированы задачи, научная новизна, теоретическая и практическая значимость, приведены сведения об апробации результатов исследования, о наличии публикаций по теме работы, личном вкладе автора, объёме и структуре работы.

В первой главе приведен аналитический обзор литературных данных, рассмотрены основные металлические материалы используемые в медицине,

обсуждаются методологические аспекты испытаний магниевых сплавов, рассмотрена проблема неравномерного растворения магниевых сплавов.

Во второй главе представлены сведения о материалах и методах, применяемых в диссертации. Детально описаны химический состав и структура материалов, а также использованное оборудование.

В третьей главе представлены результаты лабораторных испытаний в условиях, имитирующих условия внутри человеческого организма. Изучены стадии растворения исследуемых материалов, морфология повреждений поверхности, дана количественная оценка характеристик повреждения.

В четвертой главе приведены результаты исследований влияния кристаллографической ориентации, частиц вторичных фаз, рН и внутренних напряжений на процесс растворения магниевых сплавов.

В пятой главе основываясь на предыдущих результатах автором была выдвинута гипотеза о возможности создания искусственной зоны улучшенной пассивации путем точечного внедрения в поверхность магниевых сплавов порошков металлов с более положительным электродным потенциалом. Гипотеза была проверена экспериментально и получила подтверждение в случаях индентирования в сплав порошков меди, серебра и висмута.

В конце каждой из оригинальных глав сформулированы выводы. В заключении приведены общие выводы, сделанные по полученным результатам.

Основное содержание диссертации, общие выводы и положения, выносимые на защиту, а также научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы достаточно полно отражены в автореферате.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Научные положения, выносимые на защиту, выводы и рекомендации, сформулированные в работе, опираются на физически обоснованные механизмы растворения магниевых сплавов в процессе испытаний в условиях имитирующих условия человеческого организма, логично дополняют результаты других работ. Основные результаты диссертационной работы прошли широкое обсуждение на российских и международных научных конференциях и опубликованы в рецензируемых научных журналах, входящих в международные базы цитирования Web of Science и Scopus и в перечень журналов рекомендованных ВАК.

Достоверность и новизна полученных результатов

В качестве наиболее важных научных результатов, полученных в диссертационной работе, можно отметить следующие.

- Полученные экспериментальные результаты количественной и качественной оценки повреждений поверхности в результате воздействия агрессивной среды позволили с высокой надежностью судить о кинетике и стадийности процесса деградации биорезорбируемого сплава ZX10 в условиях, приближенных к условиям человеческого организма;

- Впервые применительно к магниевым сплавам установлено наличие двух различных типов пространственно-ориентированных повреждений и, что очень ценно, доказана зависимость направления их распространения от кристаллографической ориентации зерна;

- Впервые применительно к магниевым сплавам обнаружена зона улучшенной пассивации вокруг частиц вторичных фаз. Применительно к данному эффекту разработана модель и дано теоретическое объяснение механизма формирования зоны улучшенной пассивации исходя из значений электродного потенциала матрицы и частицы;

- Экспериментально доказана, что зона улучшенной пассивации может быть создана искусственно путем имплантирования в поверхность металлов с положительным электродным потенциалом.

Практическая значимость диссертационной работы

В работе получены экспериментальные данные о влиянии различных структурных факторов на процессы растворения магниевого сплава ZX10, в условиях, имитирующих условия человеческого организма, которые могут быть использованы при разработке медицинских имплантатов. Разработан и способ, позволяющий ингибировать коррозионные процессы на поверхности магниевого сплава.

Практическая значимость данной работы подтверждается актами внедрения способа управления коррозией в ООО «МТК» при проектировании имплантатов повышенной надежности, методики испытания магниевых сплавов в Научно-исследовательском институте прогрессивных технологий, а также актом об использовании в учебном процессе ФГБОУ ВО «Тольяттинский государственный университет», которые приведены в приложении диссертационной работы.

Соответствие паспорту специальности и отрасли наук

Диссертационное исследование соответствует паспорту специальности 1.3.8 «Физика конденсированного состояния», отрасль науки – технические науки, по следующим пунктам: (4) Разработка экспериментальных методов изучения физических свойств и создание физических основ промышленной

технологии получения материалов с определенными свойствами; (б) Установление закономерностей влияния технологии получения и обработки материалов на их структуру, механические, химические и физические свойства, а также технологические свойства изделий, предназначенных для использования в различных областях промышленности и медицины.

Уровень апробации

Основные результаты и положения диссертации докладывались и обсуждались на целом ряде международных и всероссийских конференциях, а также опубликованы в 12 изданиях, 7 из которых в высокорейтинговых журналах, индексируемых Scopus и WoS, в т.ч. 5 рекомендованных ВАК РФ. Основные результаты в публикациях изложены в полной мере.

Замечания по диссертационной работе

1. В целом количество поставленных задач должно примерно соответствовать количеству пунктов научной новизны, положений, выносимых на защиту и количеству выводов. Тогда как в настоящей работе представлены 6 задач, по 4 пункта научной новизны и положений, выносимых на защиту, а также 5 выводов. В частности, первая задача: «На основе анализа литературных источников разработать подходы к решению поставленной цели» достаточно тривиальна, и могла бы быть опущена, поскольку по ней никаких выводов не сделано.

2. В третьей задаче «Оценить зависимость основных характеристик деградации от состояния материала и размера его зерна» используется термин «состояние материала и размера зерна», но не расшифровывается, что такое «состояние материала». Если автор имел в виду крупнозернистое и ультрамелкозернистое состояние, то причем здесь в этом же предложении «зависимость ... от размера зерна»?

3. На стр. 83. говорится о химическом составе трех частиц, в которых измерялся их электродный потенциал. При этом со ссылкой на таблицу 4.2 пишется, что в частице под номером 3 содержится цирконий. Но в самой таблице 4.2 указано, что цирконий отсутствует во всех трех частицах. Другими словами, в данном случае наблюдается расхождение между текстом и табличными значениями по химическому составу исследуемых частиц.

4. Раздел 4.2. называется «Влияние состава и электродного потенциала частиц вторичных фаз». Исходя из названия можно было бы ожидать выводов по какому механизму идет растворение поверхности, в зависимости от того какие частицы какой электродный потенциал имеют. Но в выводах по 4 главе это не отражено.

5. В качестве пожелания дальнейшего развития работы и для подтверждения вывода по главе 4 о роли кристаллографической ориентации

в растворении кристаллитов можно было бы провести дополнительные рентгеноструктурные исследования образцов до и после растворения поверхности. Если бы действительно речь шла о более быстром растворении базальных плоскостей, то на рентгенограмме было бы видно уменьшение относительной интенсивности соответствующих рентгеновских пиков.

6. Первый вывод, в основных выводах по работе, является констатацией факта о том, какие работы были выполнены, его вполне можно было бы отнести к преамбуле перед выводами, а не к самим выводам.

Заключение

В целом, диссертация Мягких П.Н. представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой содержатся новые научные результаты, имеющие важное практическое значение.

По актуальности, научной новизне и практической значимости полученных результатов диссертационная работа Мягких П.Н. соответствует критериям, установленным в п.9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением правительства Российской Федерации 24 сентября 2013 г., №842, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.3.8. «Физика конденсированного состояния».

Автор отзыва дает согласие на обработку персональных данных.

Официальный оппонент,
профессор кафедры
«Материаловедение и физика металлов»,
Доктор физико-математических наук по специальности 01.04.07
Исламгалиев Ринат Кадыханович

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уфимский университет науки и технологий» (УУНТ),
450076, г. Уфа, ул. Заки Валиди, дом 32.

Тел. 89273200367

email rinatis@mail.ru

Дата: « 20 » 11

2023 г.



Подпись *Исламгалиев Р.К.*
Удостоверяю « 20 » 11 2023 г.
Научный сотрудник общего отдела УУНТ
Исламгалиев Р.К.