

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Мягких Павла Николаевича  
«Влияние структурообразующих факторов на кинетику процессов деградации магниевого сплава  
медицинского назначения ZX10»  
на соискание ученой степени кандидата технических наук  
по специальности: 1.3.8 – Физика конденсированного состояния

Диссертационная работа Мягких Павла Николаевича актуальна в связи с тем, что в ней решаются важные для современного материаловедения задачи выявления и обоснования механизмов деградации магниевых сплавов в агрессивной среде. Выявление таких механизмов является основой для разработки принципов управления кинетикой процессов растворения биорезорбируемых изделий медицинского назначения рассматриваемых сплавов.

Для решения поставленных задач в диссертационной работе использованы современные наиболее информативные взаимодополняющие методы исследований структуры материалов: оптическая металлография, растровая электронная микроскопия в сочетании с энергодисперсионной спектроскопией и анализом дифракции обратно-рассеянных электронов, рентгеноструктурный анализ, атомно-силовая микроскопия, конфокальная лазерная сканирующая микроскопия и другие методы, а также современные программные продукты для обработки экспериментальных данных.

В диссертации получены следующие основные научные результаты.

Созданы научные основы методики лабораторных испытаний магниевых сплавов, позволяющей отслеживать кинетику и стадийность процессов деградации исследуемых материалов, включая скорость растворения и формирование повреждений на поверхности. Разработана и запущена в работу уникальная установка, позволяющая имитировать условия испытаний материалов, близкие к *in-vivo*. На примере изучаемого магниевого сплава ZX10 установлены особенности структуры, влияющие на закономерности развития процессов его деградации в условиях, имитирующих воздействие биологической среды. Результаты данных исследований были использованы при разработке резорбируемых медицинских имплантатов. На основе экспериментальных данных по влиянию состава и электродного потенциала частиц вторичных фаз на процесс растворения магниевой матрицы разработан и экспериментально протестирован способ, позволяющий ингибировать коррозионные процессы на поверхности сплава ZX10, на который подана заявка на патент. Сам способ нашел применение в условиях действующего производства.

По содержанию автореферата можно сделать следующие замечания:

1. В автореферате не приведены данные об уточненном экспериментально элементном составе исследуемого сплава, указаны лишь концентрации цинка и кальция, а по другим возможным примесям информация отсутствует.

2. В автореферате не приведены данные о режимах получения экспериментальных образцов для исследований. Не указаны параметры процессов получения литого и ультрамелкозернистого состояний, и приводятся только названия видов термомеханической обработки и размеров зерен формирующейся поликристаллической структуры без указания разброса численных значений. Не представлены гистограммы распределения зерен по размерам, а также характеристики неоднородности зеренной структуры по толщине образцов. Особенно это важно для ультрамелкозернистого состояния, получаемого методом всестороннейковки. Применение последнего для измельчения зеренной структуры в большинстве известных случаев приводит к существенной неоднородности такой структуры по объему образцов.

3. Судя по содержанию автореферата, диссертантом не проводились исследования тонкой структуры и фазового состава исследуемого сплава методами просвечивающей электронной микроскопии, ни в исходном состоянии, ни после термических и других обработок, в том числе после испытаний. В связи с этим нельзя считать полной аттестацию структурно-фазового состояния во всех указанных случаях, что может отразиться на интерпретации полученных результатов.

4. В автореферате отмечено, что у литого исследуемого сплава наблюдается существенно большая поверхностная плотность и глубина проникновения дефектов, образовавшихся в процессе коррозии. Не связано ли это с наличием неоднородностей элементного и фазового составов в исходном материале, которые сформировались еще на стадии литья?

5. Общий объем автореферата составляет 15 страниц, из них основному содержанию диссертации посвящено 5 страниц текста и на 3-х страницах размещены крупные рисунки. Не удивительно, что важные для понимания содержания и выводов диссертации подробности (в том числе указанные выше, не представлены в тексте автореферата.

Тем не менее общее впечатление от работы, несмотря на сделанные по оформлению автореферата замечания, глубоко положительное и в целом диссертационная работа представляет серьезное научное исследование, результаты которого опубликованы в высокорейтинговых отечественных и зарубежных журналах и представлены на многочисленных научных конференциях.

Указанные выше замечания не снижают общую положительную оценку диссертационной работы, содержание которой соответствует п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842. Представленная к защите диссертационная работа Мягких Павла Николаевича «Влияние структурообразующих факторов на кинетику процессов деградации магниевого сплава медицинского назначения ZX10», по форме и содержанию, актуальности поставленных и решенных задач, новизне полученных научных результатов соответствует требованиям действующего Положения о порядке присуждения ученой степени кандидата наук, а ее автор, Мягких Павел Николаевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.3.8 - Физика конденсированного состояния.

Главный научный сотрудник, и.о. зав. лабораторией  
физико-химической инженерии  
композиционных материалов  
ФИЦ проблем химической физики и медицинской химии РАН,  
д. ф-м. н. по специальности  
01.04.07 (Физика конденсированного состояния),  
профессор,  
Тел. 8(49652)21320  
e-mail: [kolobov@icp.ac.ru](mailto:kolobov@icp.ac.ru)  
Я, Колобов Юрий Романович, согласен  
на включение моих персональных данных в документы,  
связанные с процедурой защиты диссертации  
Мягких П.Н., и их дальнейшую обработку.



Колобов Юрий Романович

Старший научный сотрудник лаборатории  
физико-химической инженерии  
композиционных материалов  
ФИЦ проблем химической физики и медицинской химии РАН,  
к.т.н. по специальности 01.04.07  
(Физика конденсированного состояния)  
Тел. . 8(49652)21941  
e-mail: [manohin@icp.ac.ru](mailto:manohin@icp.ac.ru)  
Я, Манохин Сергей Сергеевич, согласен  
на включение моих персональных данных в документы,  
связанные с процедурой защиты диссертации  
Мягких П.Н., и их дальнейшую обработку.



Манохин Сергей Сергеевич

Собственноручную подпись

сотрудника

УДОСТОВЕРЯЮ

СОТРУДНИК  
КАНЦЕЛЯРИИ



Дата составления отзыва 02.12.2023 г.

Почтовый адрес: 142432, Московская обл., г. Черноголовка, проспект академика Семенова, 1