

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Лезина Вячеслава Дмитриевича «Получение пористых материалов из сверхупругих сплавов Ti-Zr-Nb методом селективного лазерного плавления для изготовления ортопедических имплантатов», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.1. «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов»

Аддитивные технологии, в частности селективное лазерное плавление (СЛП), позволяют получать детали сложной геометрической формы с заданными размерами, что важно для многих применений. В медицине, использование данной методики изготовления элементов позволяет создавать уникальные имплантаты, размеры и форма которых учитывают особенности каждого отдельного пациента. Кроме этого, открывается возможность изготовления пористых имплантатов, в которых за счет контроля пористой структуры (формы и размера перемычек, формы и размера поровых каналов) механические свойства приближены к свойствам кости, что обеспечивает лучшее вживление имплантата. В связи с этим тема диссертационной работы Лезина В.Д., посвященная получению и исследованию пористых сплавов с памятью формы на основе Ti-Zr-Nb методом селективного лазерного плавления, является очень актуальной.

В диссертационной работе Лезиным В.Д. было проведено большой комплекс экспериментальных исследований по изучению влияния параметров СЛП на структуру и свойства двух сплавов Ti-Zr-Nb с разным составом. Показано, что при одинаковых параметрах СЛП глубина ванны расплава и текстура образованных зерен различны, что связано с изменением условий отвода тепла. Определены оптимальные режимы термообработки, при которых максимально уменьшаются остаточные напряжения, при этом минимизировано окисление поверхности образцов. На основе анализа структуры, пористости, качества геометрии перемычек и микротвердости полученных пористых образцов трех типов (ромбический додекаэдр, листовой гироид и Вороной) определены оптимальные режимы СЛП. Исследованы механические свойства пористых образцов, полученных при оптимальных режимах СЛП, и показано, что пористый образец со структурой листовой гироид проявляет наиболее благоприятное соотношение пористости и прочности среди исследованных пористых материалов из Ti-Zr-Nb. Показано, что пористые образцы из сплава Ti-Zr-Nb обладают меньшей жесткостью по сравнению с пористыми образцами из сплава Ti-Al-V с аналогичной пористой структурой и пористостью. Автор связывает это с тем, что сплавы Ti-Zr-Nb деформируются частично за счет наведения мартенсита под нагрузкой. Проведены усталостные испытания и определены характеристики пористой структуры, при которых образцы демонстрировали лучшую усталостную стойкость. Результаты работы были использованы для изготовления экспериментальных образцов и прототипов кейджей для замещения межпозвонковых дисков шейного отдела позвоночника на производственной площадке компании ООО «Конмет».

По тексту автореферата необходимо сделать следующие замечания.

1. При анализе механического поведения сплошных и пористых образцов сплавов Ti-Zr-Nb автор выделяет фазовый предел текучести, который явно не виден ни на одной диаграмме деформирования. Автор полагает, что это значение может быть определено по перегибу на диаграмме деформирования, однако, не приводит ни одной диаграммы деформирования с разгрузкой, которая бы подтвердила нелинейный возврат деформации, что можно было бы связать с обратным превращением мартенсита, наведенного под напряжением. Само по себе наличие перегиба на диаграмме деформирования, особенно пористых сплавов, еще не говорит о том, что начиная с этого напряжения в образцах наводится мартенсит.

2. Из текста автореферата неясно, на чем был основан выбор сплавов двух указанных составов.

3. При условии, что доверительный интервал для некоторых величин (деформации, твердости) составляет несколько единиц указывать значение этих параметров с точностью до десятых – не имеет смысла.

4. Какова точность измерения модуля Юнга для пористого сплава? Насколько разницу в десятых долях значения модуля Юнга можно считать «значительно низким значением».

5. Замечания по оформлению

5.1. Присутствуют неудачные выражения:

Стр. 2. Указана важность исследования влияния параметров процесса СЛП, но не указано на что

Стр. 6, указано, что автор внес значительный вклад, но не понятно, во что

5.2. В пункте 3 научной новизны и в выводе 4 присутствует опечатка. Там указано, что в сплаве Ti-Nb-Zr формируется текстура 110 тогда как в тексте указано 100.

5.3. В подписи к рис. 9 отсутствует описание рисунка 9г. Неясно, почему в подписи к рисунку 9 стоит ссылка на статью 6, если это, во-первых, результаты данной работы, а, во-вторых, статья 6 является статьей автора диссертационной работы.

5.4. Стр. 20. Указано, что «Участки, характеризующие протекающее в сплаве обратимое мартенситное превращение под напряжением (выделены зеленым на рисунке 13а)». На рис. 13а представлено 8 кривых, все они цветные, при этом две зеленых, поэтому увидеть какие-либо участки, выделенные зеленым, невозможно.

5.5. На рис. 14 точки настолько малых размеров, что делает невозможным что-либо увидеть на данном рисунке.

Сделанные замечания касаются оформления и представления результатов и не влияют на важность и значимость полученных данных. Диссертационная работа является законченным научным исследованием и удовлетворяет требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Лезин В.Д. заслуживает присуждения степени кандидата технических наук по специальности 2.6.1. – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов.

Реснина Наталья Николаевна

Доктор физико-математических наук (специальность 01.04.07 (1.3.8.) – физика конденсированного состояния),

профессор кафедры Общей математики и информатики

ведущий научный сотрудник кафедры Теории упругости им. Н.Ф. Морозова

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский государственный университет".

199034, Санкт-Петербург, Университетская наб. д.7-9

Тел. +79119949636

e-mail: n.resnins@spbu.ru

