

УДК 539.21, P.A.C.S. 62.20.Fe

Development and production of nanotitanium for medicine in Ufa

Разработка и производство нанотитана для медицины в Уфе

G. I. Raab *, *R. Z. Valiev*
Г. И. Рааб *, *Р. З. Валиев*

Ufa State Aviation Technical University, K. Marx Str. 12, Ufa, 450008, Russia

* giraab@mail.ru

Уфимский государственный авиационный технический университет, Россия, 450008, Уфа, ул. К. Маркса, 12

* giraab@mail.ru

ABSTRACT

An analysis of the consumption volumes of medical products using titanium and its alloys in Russia was carried out. Scientific and technical measures have been developed and implemented to create the production of high-strength bars from nanostructured titanium of technical purity for medical use. In cooperation with implant developers, promising samples of new-generation dental implants with unique properties have been obtained.

KEYWORDS

Nanotitan; high-strength bars; industrial production; medical implants.

АННОТАЦИЯ

Проведен анализ объемов потребления медицинских изделий с использованием титана и его сплавов в России. Разработаны и реализованы научно-технические мероприятия по созданию производства высокопрочных прутков из наноструктурного титана технической чистоты для медицинского применения. В кооперации с разработчиками имплантатов получены перспективные образцы зубных имплантатов нового поколения с уникальными свойствами.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Нанотитан; высокопрочные прутки; промышленное производство; медицинские имплантаты.

Объем российского рынка медицинских изделий наиболее интенсивно увеличивался с 2006 года и на сегодня достиг 190 млрд. руб. Однако он значительно уступает рынкам ведущих зарубежных стран. Так, объем реализации медицинских изделий в 2020 году составлял: в США – 100 млрд. \$; в Японии – 29 млрд. \$; в Германии – 19,5 млрд. \$; в России – 6,4 млрд. \$. При этом только 18% потребности рынка медицинских изделий в РФ покрывается собственным производством. Наиболее крупными импортерами являются Германия, США, Китай. Правительством РФ принима-

ются программы импортозамещения, которые должны способствовать существенному увеличению доли отечественного производства медицинских изделий. Оценки структуры российского рынка медицинских изделий показывают, что в общей (мировой) номенклатуре медицинских изделий доля имплантатов, в которых наиболее эффективно применение чистого титана (CP Ti) и титановых сплавов, составляет около 18%. При этом в российском производстве эта доля не превышает 12% или 4,3 млрд. руб. Технически чистый титан практически инертен для организма,

но в медицине из-за своих низких прочностных свойств используется недостаточно широко, поэтому чаще применяются его высокопрочные сплавы, например, сплав ВТ-6 (зарубежный аналог Ti-6Al-4V). Однако, по данным д-ра мед. наук А. И. Сидельникова (2009) через 2 недели после установки имплантатов, изготовленных из данного сплава, алюминий и ванадий обнаруживаются в почках, печени, кишечнике и легких экспериментальных животных. Соответственно, выявленные токсические свойства титановых сплавов ставят перед исследователями задачу по созданию новых, безопасных для здоровья и высокопрочных материалов. К таким материалам можно отнести технически чистый титан в ультрамелкозернистом (УМЗ) состоянии. Это высокопрочный материал с пределом прочности 1050–1200 МПа и относительной пластичностью 8–10%, что вполне приемлемо для использования его как конструкционного материала. Показатели прочности УМЗ титана на 20–40% превышают прочность сплава ВТ6. Первые объемные образцы такого материала были получены в далеком 1996 году в ИФПМ УГАТУ с использованием методов интенсивной пластической деформации (ИПД). К 2009 году были

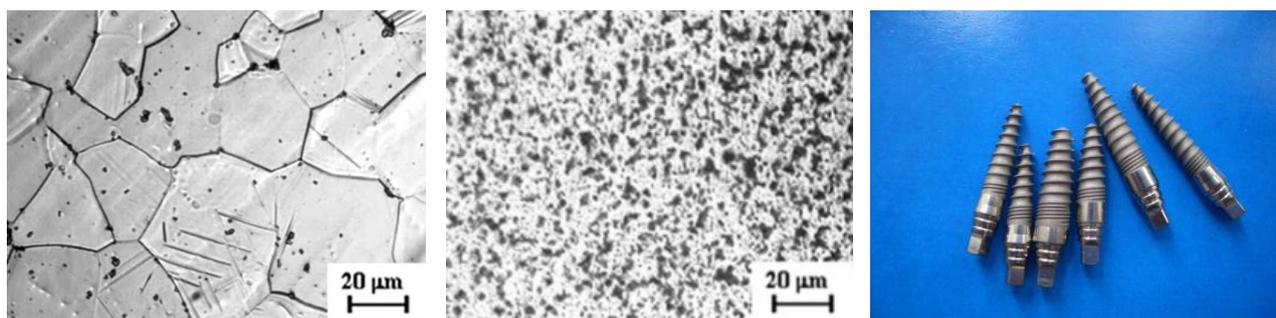
созданы опытно-экспериментальные образцы оборудования и технология для его производства в виде прутков-полуфабрикатов в сорimente адаптированному к выпуску массовой продукции – стоматологических имплантатов (рис. 1, в) [3].

Для производства промышленной продукции было создано коммерческое предприятие ООО «НаноMeT» (www.nanospd.ru).

В процессе разработки и создания опытно-промышленной технологии решался широкий круг научно-технических задач, включающий:

1. Опытнo-конструкторские разработки и изготовление нестандартного технологического оборудования.
2. Моделирование механики процессов деформационной обработки.
3. Оптимизацию термомеханических параметров процесса.
4. Улучшение показателей износостойкости оснастки.
5. Совершенствование триботехнических параметров для процесса структурной трансформации (РКУП-конформ) и процессов формоизменения (волочения).

На рис. 2 и 3 представлены разработанные оборудования ООО «НаноMeT».



a

б

в

Рис. 1. Микроструктура исходная и нанотитана (а, б); продукция – зубные имплантаты (в)

Fig. 1. Microstructure original and nanotitanium (a, б); products – dental implants (в)



а



б

Рис. 2. Нестандартное оборудование для деформационных операций:
а – установка равноканального прессования по схеме Конформ; б – стан волочильный цепной

Fig. 2. Non-standard equipment for deformation operations:
а – installation of equal-channel pressing according to the Conform scheme; б – chain drawing machine



Рис. 3. Финишная операция:
бесцентровое шлифование прутков

Fig. 3. Finishing operation:
centerless grinding of bars

Для решения бизнес-вопросов было создано и зарегистрировано ТУ на производимую продукцию, аттестовано производство

по ISO 9001 и проведена патентная защита материала и способа его получения на международном уровне (Патент РФ № 2383654).

Преимущества нанотитана:

- высокая прочность (выше в 1,5–2 раза по сравнению с традиционным материалом!);
- токсикологическая безопасность;
- возможность создания нового класса миниатюрных имплантов;
- повышенная приживляемость имплантов за счет формирования особого рельефа поверхности;
- управление механическими свойствами материала в зависимости от технического задания Заказчика.

№	Длина: 1000-3000 мм Диаметр, мм	Предел прочности σ _B , МПа (кгс/мм ²)		Относительное удлинение, δ, %	Класс точности
		BT1-0	Grade4		
1	3	>1100	>1200	8-10	H8-H10
2	4	>1100	>1200	8-10	H8-H10
3	5	1100	1200	8-10	H8-H10
4	6	1050	1150	8-10	H8-H10
5	7	1000	1100	8-10	H8-H10
6	8	1000	1050	8-10	H8-H10

а



б

Рис. 4. Сортамент, механические свойства наноструктурированных прутков СРТi согласно ТУ 1825-001-02069438-2010 (а) и готовая продукция (б)

Fig. 4. Range, mechanical properties of CPTi nanostructured rods according to TU 1825-001-02069438-2010 (а) and finished products (б)



Рис. 5. Международный стандарт ISO 9001

Fig. 5. International standard ISO 9001

Выводы

1. В результате проведенного комплекса научно-технических мероприятий создано производство наноструктурированных прутков диаметром 3–8 мм для последующего производства зубных имплантатов и других осесимметричных изделий (винтов, спиц и др.) для медицины и других отраслей потребления.

2. В кооперации получены перспективные образцы зубных имплантатов нового поколения с уникальными свойствами.

Благодарности

Авторы благодарят коллектив ИФПМ УГАТУ за содействие и помощь в процессе

научно-технического поиска в направлении создания научно-технических основ получения нанотитана.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 19-49-02003).

The research was supported by the Russian Science Foundation under project no. 19-49-02003.

Список литературы

1. Объемы и динамика потребления имплантов крупнейшими потребителями. URL: www.megaresearch.ru/knowledge_library/
2. Исследование рынка дентальных имплантов в России. URL: www.newchemistry.ru/
3. Хасанова Л. Р. Перспектива использования имплантатов из нанотитана в стоматологии // Научно-практический журнал «Медицинский вестник Башкортостана». 2010. Т. 5, № 1. С. 62–64.
4. Утяшев Ф. З., Рааб Г. И. Деформационные методы получения и обработки ультрамелкозернистых и наноструктурных материалов. Уфа: Гилем, 2013. 376 с.
5. Валиев Р. З., Жилияев А. П., Ленгдон Т. Г. Объемные наноструктурные материалы: фундаментальные основы и применения. СПб.: Эко-Вектор, 2017. 480 с.