

## ПОЛУЧЕНИЕ БЫСТРОЗАКАЛЕННЫХ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ $Ti_2AlNb$ .

Сенкевич К.С., Серов М.М., Умарова О.З.

МАИ (Национальный исследовательский университет),  
Россия, г. Москва, E-mail: senkevichks@yandex.ru

Интерметаллидные сплавы на основе орто-фазы  $Ti_2AlNb$  являются перспективными материалами для замещения жаропрочных титановых сплавов и жаропрочных сталей в деталях ГТД, работающих при температурах  $600^{\circ}$ - $700^{\circ}C$ , благодаря более высоким удельным прочностным характеристикам и сопротивлению окислению при повышенных температурах [1-3]. В настоящее время разрабатываются различные методы получения таких сплавов, включая традиционные литейные технологии и различные методы порошковой металлургии. К перспективным методам порошковой металлургии интерметаллидов на основе титана относят различные способы получения порошков и волокна быстрой закалкой расплава и их последующим горячим компактированием [4,5]. Такие методы быстрой закалки, как экстракция висящей капли расплава позволяют получать непрерывные и дискретные волокна сплавов с размером структурных составляющих меньших, чем у порошков, получаемых традиционными методами распыления [6,7]. Дополнительное измельчение волокна может позволить получить ультрадисперсный порошок, применяемый для получения полуфабрикатов методами ГИП и искрового спекания, а также с помощью аддитивных технологий.

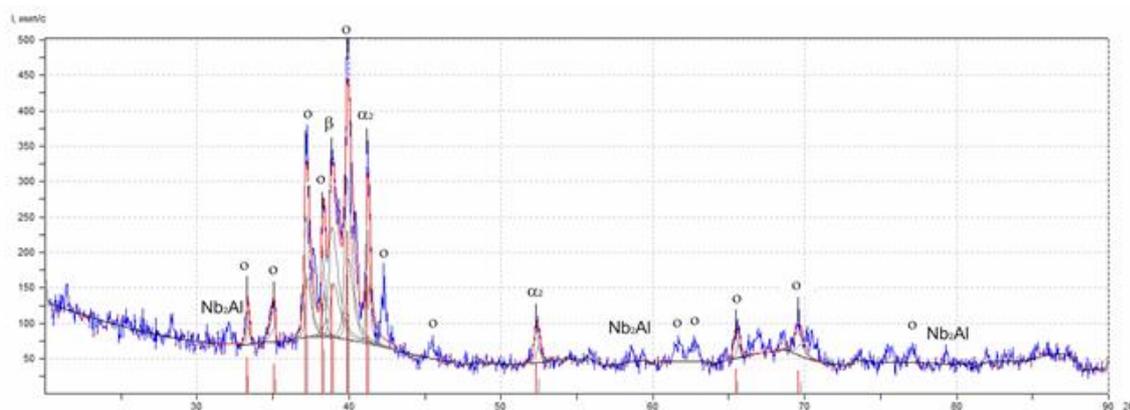
В настоящей работе рассматриваются возможности получения быстрозакаленных волокон орто-сплавов с целью дальнейшего получения из них пористых и компактных материалов методами спекания и горячего прессования.

Быстрозакаленные волокна получали на установке ЭВКР-ЭЛУ с элетронно-лучевым плавлением материала заготовки. Рассматривались возможности получения волокна из 2 орто-сплавов: классический модельный состав Т-22Al-27Nb (сплав 1) и сплав, разработанный в ВИАМ марки ВТИ-4 (сплав 2).

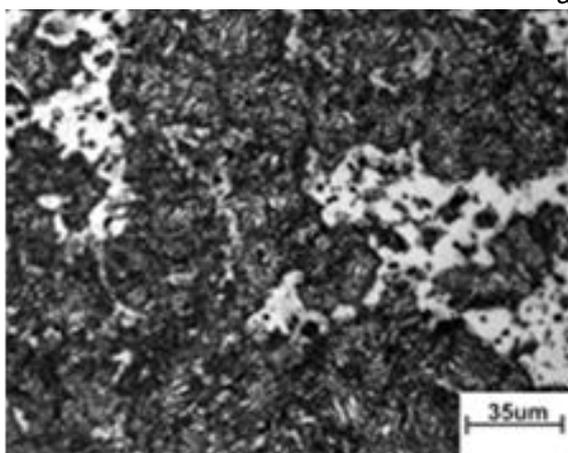
Сплав №1 получали методом порошковой металлургии – спеканием исходных порошковых компонентов сплава. Для этого порошки подвергали смешиванию в планетарной шаровой мельнице в течение 1 часа при скорости 100 оборотов в минуту. Полученные порошковые смеси прессовали и спекали при температуре  $1400^{\circ}C$  в течении 3 часов. Микроструктурный и рентгеноструктурный анализы полученных заготовок показали, что они обладают значительной пористостью и неоднородным фазовым составом (рис.1,а и б). Это связано с плавлением алюминия в процессе спекания на стадии нагрева, формированием отдельных участков, обогащенных интерметаллидами на основе ниобия и алюминия, которые препятствуют процессам усадки при окончательной стадии спекания.

Так как метод экстракции висящей капли включает полное расплавление заготовки для распыления и прохождения диффузионной гомогенизации расплава, то была изучена возможность использования такой заготовки с имеющимися структурными и фазовыми несовершенствами.

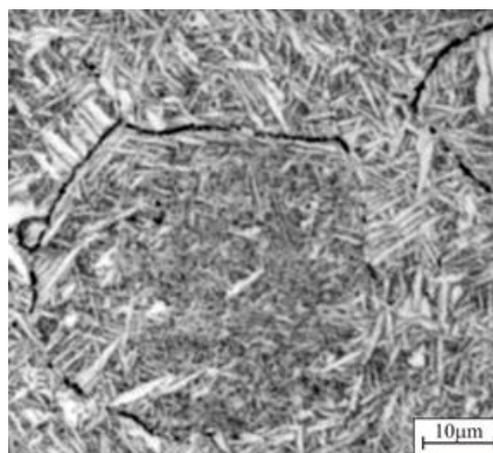
Внешний вид и микроструктура волокон сплава №1, полученных методом экстракции висящей капли, представлены на рисунке 2, а и в. Волокна имеют ширину 280-400 мкм, структура волокна мелкозернистая, и зерна имеют размер не более 15 мкм. Рентгеноструктурный анализ волокон показал, что фазовый состав сплава представлен высокотемпературной  $\beta$ -фазой. Режим распыления позволил получить волокна в виде иголок. Такой вид полуфабриката удобен для получения компактных образцов методом горячего прессования.



а



б



в

Рисунок 1 – Рентгенограмма и микроструктуры распыляемых заготовок сплавов: а и б (сплав №1), в – сплав №2

Сплав №2 был получен вакуумно-дуговой плавкой с несколькими переплавами, что позволило получить заготовку для распыления с крупнозернистой микроструктурой, состоящей из орто-фазы  $Ti_2AlNb$  (рис.1,в).

Из заготовки сплава №2 получено непрерывное волокно, которое имеет микрокристаллическую структуру с округлыми зернами размером не более 20 мкм и фазовым составом, также представленным высокотемпературной  $\beta$ -фазой (рис.2,б,г). Волокно имеет серповидное сечение, ширину менее 200 мкм.

Установлено, что метод экстракции висящей капли позволяет получать быстрозакаленные волокна из орторомбических титановых сплавов на основе  $Ti_2AlNb$ . Полученные волокна обладают мелкозернистой структурой и однородным фазовым составом. При этом для распыления возможно использование заготовок полученных методами литья и порошковой металлургии. В случаи использования метода порошковой металлургии возможно наличие в заготовке остаточной пористости и неоднородного фазового состава. Из волокон спеканием при температуре 1100°C получены пористые образцы, а измельчением волокон – порошки угловатой формы размером меньше 100 мкм.

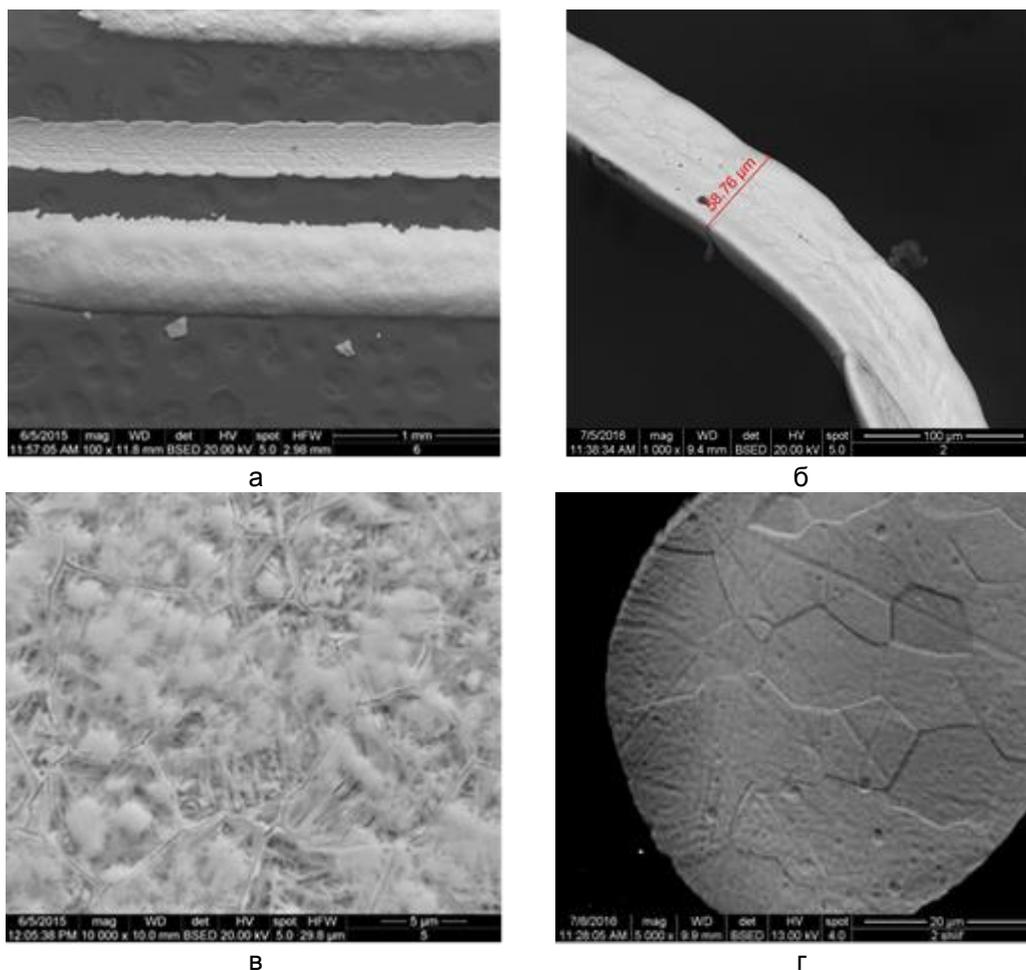


Рисунок 2 – Волокна и микроструктура волокон сплавов №1 (а и в) и сплава №2 (б и г), полученных методом экстракции висящей капли расплава

**Список литературы:**

1. D. Banerjee The intermetallic Ti<sub>2</sub>AlNb // Progress in Materials Science, Volume 42, Issues 1–4, 1997, Pages 135-158.
2. L. Germann, D. Banerjee, J.Y. Guédou, J.-L. Strudel Effect of composition on the mechanical properties of newly developed Ti<sub>2</sub>AlNb-based titanium aluminide // Intermetallics, Volume 13, Issue 9, September 2005, Pages 920-924.
3. Leyens, M. Peters, Titanium and Titanium Alloys: Fundamentals and Applications, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, 2003.
4. Yolton C.F., Beckman J.P. Powder metallurgy processing and properties of the ordered orthorhombic alloy Ti – 22at.%Al – 23at.%Nb // Materials Science and Engineering. A. 28 February 1995. V. 192 – 193, Part 2. P. 597 – 603.
5. Chen W., Li J.W. Development of Ti<sub>2</sub>AlNb Alloys: Opportunities and Challenges // Advanced Materials & Processes. 2014. V. 172, No. 4. P. 23 – 27.
6. Анциферов В.Н., Серов М.М., Лежнин В.П., Сметкин А.А. О получении, свойствах и применении быстроохлажденных // Известия вузов. Порошковая металлургия и функциональные покрытия. 2011. №4. С. 36-40.
7. Васильев В.А., Лозован А.А., Пашков И.Н., Серов М.М. Научные предпосылки и практика производства метастабильных материалов. М.: МАТИ - РГТУ им. К.Э. Циолковского, 2002. 206 с