

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
РОССИЙСКИЙ ФОНД ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ ХИМИКО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ СО РАН
АО «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЦЕНТР «АЛТАЙ»
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ПРОЧНОСТИ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ СО РАН
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ФАРМАКОЛОГИИ И РЕГЕНЕРАТИВНОЙ МЕДИЦИНЫ
ИМЕНИ Е.Д. ГОЛЬДБЕРГА
ТП «МОДЕЛИРОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ СИСТЕМ»
ТП «МЕДИЦИНА БУДУЩЕГО»
ЯПОНСКОЕ АГЕНСТВО АЭРОКОСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ЭДИНБУРГА
ЛИОНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ I ИМ. КЛОДА БЕРНАРА
КОМПАНИЯ MACH I, INC.

ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ И СПЕЦИАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ: ДЕМИЛИТАРИЗАЦИЯ, АНТИТЕРРОРИЗМ И ГРАЖДАНСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ

Сборник тезисов
XIV Международной конференции «HEMs-2018»
3–5 сентября 2018 года
(г. Томск, Россия)

Томск
Издательский Дом Томского государственного университета
2018

Conclusions

Nickel-chromium alloy Inconel 600 and NiCr20AlSi bimodal powders were produce by the electric explosion of wires method. Particles size, nano- and micro particles ratio was found to depend on the EEW parameters. The powder particles morphology, phase constitution and size distribution were determined. The bimodal powders application allows to reduce sintering onset temperature, samples porosity and surface roughness.

This study was financially supported by Ministry of Education and Science of Russian Federation (Agreement №14.604.21.0158, project identification number RFMEFI60417X0158).

ПРЯМОЕ ЛАЗЕРНОЕ ВЫРАЩИВАНИЕ МЕТАЛЛОМАТРИЧНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ СИСТЕМЫ NI-TiB₂

Прوماхов В.В.¹, Жуков А.С.¹, Зиятдинов М.Х.¹, Климова-Корсмик О.Г.²

¹ *Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск*

² *Санкт-Петербургский государственный морской технический*

университет, г. Санкт-Петербург

E-mail: vvpromakhov@mail.ru

В последние годы промышленность проявляет интерес к высокоэффективным сплавам на основе никеля [1, 2]. Сплавы, которые относятся к классу Ni-Cr обладают превосходными прочностными свойствами при высоких температурах и высокой устойчивостью коррозии. Такой комплекс свойств определяет высокую перспективность применения никелевых сплавов в аэрокосмической отрасли и нефтехимическом секторе [3].

Между тем, актуальным является создание материалов способных каким-то образом внести новый вклад в формирование свойств изделий. Совершенно очевидно, что это должен быть новый уровень эксплуатационных параметров материалов (прочность, твердость, износостойкость, работоспособность при повышенных температурах, высокая трещиностокость, устойчивость к многоцикловому нагружению и др.). Согласно классическим представлениям физики конденсированного состояния, структура определяет свойства материалов, т.е. новые свойства возможно получить каким-либо образом изменив структуру материала. В данном случае именно композиционные (гетерофазные) материалы позволяют получать параметры свойств, не достижимых на традиционных материалах. Для аддитивных технологий это новое направление, которое позволит повысить свойства изделий, получаемых с применением аддитивных технологий.

Для получения образцов металломатричных композиционных материалов системы Ni-TiB₂ с применением метода самораспространяющегося высокотемпературного синтеза были

получены порошки состава NiTi-TiB₂. Полученные порошки смешивали с порошками марки Inconel 625 в соотношении 95:5 масс.%, соответственно. Полученную смесь использовали для проведения экспериментальных исследований.

Для определения оптимального режима прямого лазерного выращивания варьировались следующие параметры: диаметр лазерного луча на подложке, мощность излучения, скорость перемещения лазерного луча относительно изделия, массовый расход порошка, величина вертикального и горизонтального смещения между слоями и проходами, соответственно. Все используемые режимы представлены в таблице.

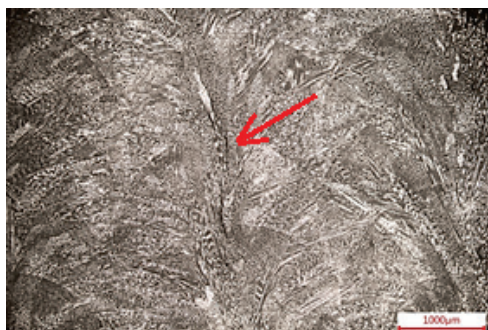
Диапазоны исследуемых параметров прямого лазерного выращивания

Диаметр луча в зоне обработки, мм	Мощность, Вт	Скорость выращивания крайних валиков, мм/с	Скорость выращивания заполняющих валиков, мм/с	Расход порошка, г/мин	Смещение по X, мм	Смещение по Z, мм
1,5–2,4	500–1400	10–15	15–25	5,1–25	0,7–1,6	0,2–0,8

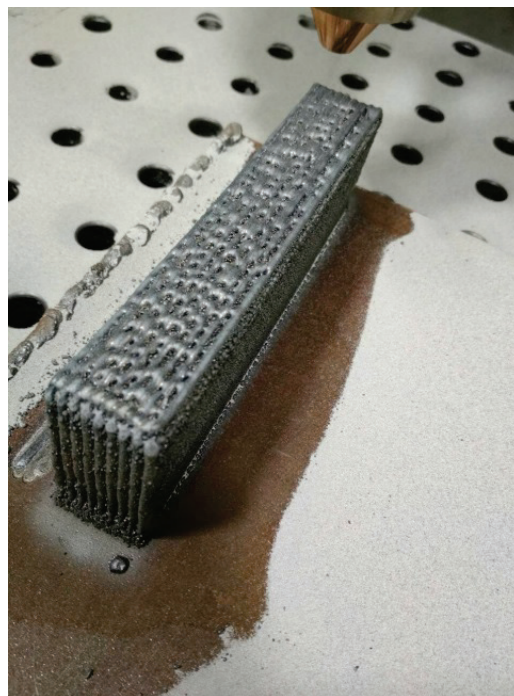
Изучение влияния мощности излучения показало, что низкие значения ведут к образованию несплавлений в смежных валиках (рис. 1, *а*), высокие значения приводят к формированию трещин (рис. 1, *б*), и выходу из строя фокусирующей линзы, что приводит к нестабильному формированию наплавляемого валика (рис. 1, *в*).



а



б



в

Рис. 1. Дефекты в структуре образцов, возникающие вследствие неправильно подобранных технологических параметров процесса: *а* – несплавления; *б* – трещины; *в* – нестабильное формирование наносимого валика, вызванное выходом из строя фокусирующей линзы

После выявления оптимальных режимов выращивания образцов были получены слитки и стенки для изучения структуры и свойств новых металлокерамических композиционных

материалов. Установлено, что после прямого лазерного выращивания композиции 95%Inconel 625 + 5% NiTi-TiB₂ в структуре материалов хорошо различимы включения керамики (TiB₂), средний размер которых составил 1,3 мкм (рис. 2).

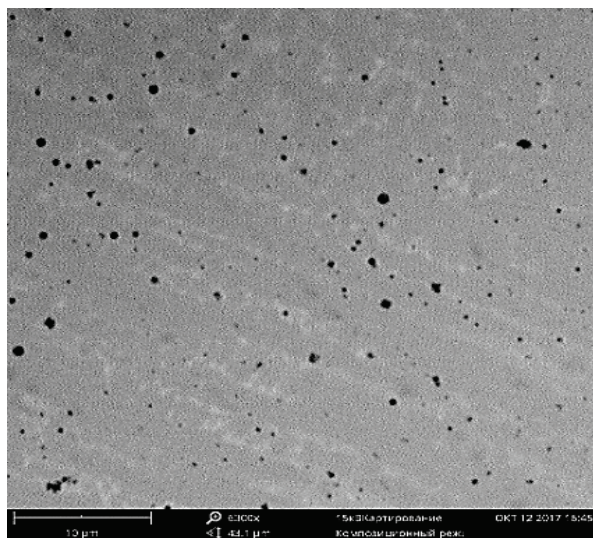


Рис. 2. Структура образцов 95%Inconel 625 + 5% NiTi-TiB₂

Определены технологические параметры прямого лазерного выращивания полученных металлокерамических композиционных материалов в смеси с порошками Inconel 625. Получены экспериментальные образцы композиционных сплавов. Показано, что введение 5% порошков NiTi-TiB₂ в матрицу Inconel 625 приводит к формированию композиционной металлокерамической структуры. У композитов значительно увеличивается предел прочности при растяжении, относительно чистого сплава Inconel 625. Установлено снижение пластических свойств и повышение твердости в 1,5 раза.

Работы выполнены при частичной финансовой поддержке Программы повышения конкурентоспособности ТГУ, в рамках Гранта Президента МК-2424.2017.8 договор № 14.Y30.17.2424-МК, а также при финансовой поддержке Минобрнауки РФ в рамках государственного задания № 11.11223.2018/11.12.

Литература

1. Alenka Vesel, Aleksander Drenik, Kristina Elersic, Miran Mozetic, Janez Kovac, Tomaz Gyergyek, Jan Stockel, Jozef Varju, Radomir Panek, BalatPichelin Marianne, Appl. Surf. Sci. 305 (2014) 674–682.
2. Ravindra I. Badiger, S. Narendranath, M.S. Srinath, J. Manuf. Process. 18 (2015) 117–123.
3. Zhang, B., Bi, G., Nai, S., Sun, C. N., & Wei, J. (2016). Microhardness and microstructure evolution of TiB₂ reinforced Inconel 625/TiB₂ composite produced by selective laser melting. Optics & Laser Technology, 80, 186–195.