

УДК 669.295:669.056

М. Г. Креницын

ТПУ, г. Томск

krinmax@gmail.com

Научный руководитель – доц., канд. техн. наук *Е. Н. Коростелева*

МОДИФИКАЦИЯ ПОВЕРХНОСТИ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ НАПЛАВКОЙ ПОРОШКОВЫХ КОМПОЗИТОВ «TiC – Ti»

АННОТАЦИЯ

Исследована структура покрытий Ti-TiC с разным содержанием титановой связки, нанесенных композиционными порошками, полученными с применением самораспространяющегося высокотемпературного синтеза. Структура покрытий исследована с применением рентгеноструктурного анализа и металлографии. Измерен размер карбидных частиц в покрытиях, а также твердость и износостойкость покрытий.

Ключевые слова: титановые сплавы, композиционные порошки, покрытия.

ABSTRACT

A structure of Ti-TiC coatings overlaid of composite powders with different contents of titanium binder, which were obtained by self-propagating high-temperature synthesis, was investigated. The structure was studied by X-ray analysis and metallography. A size of the carbide particles in coatings, hardness of coatings and rate of wear were measured.

Key words: titanium alloys, composite powders, coatings.

ВВЕДЕНИЕ

Износостойкие покрытия на титановые сплавы представляют большой практический интерес, так как титан и его сплавы обладают низкой износостойкостью из-за склонности к схватыванию в контактных парах практически со всеми металлическими материалами [1]. Для получения «толстых» износостойких покрытий на титан и его сплавы широко используется порошковая наплавка, причем состав порошковой присадки подбирают таким образом, чтобы получить композиционное покрытие, имеющее структуру матричного композита с дисперсными включениями частиц тугоплавких соединений (карбидов, боридов, силицидов) в титановой матрице. Особый интерес в качестве твердой и тугоплавкой упрочняющей фазы в металломатричных композитах на основе титана представляет карбид титана. Для получения наплавленных

композиционных покрытий «TiC-Ti» обычно используются механические смеси порошков титана, карбида титана и графита в различных сочетаниях [2–3]. Характерно, что практически во всех описанных случаях лазерной или электронно-лучевой наплавки частицы карбида титана выпадают из расплава-раствора титан-углерод на стадии его кристаллизации при охлаждении. Поэтому контролировать морфологию, дисперсность и объемную долю карбидных включений в структуре металломатричного композита очень трудно.

СТРУКТУРА И СВОЙСТВА НАПЛАВЛЕННЫХ ПОКРЫТИЙ

Для улучшения наплавляемости к композиционным порошкам с различным содержанием титановой связки добавляли порошок титана в количестве, необходимом для получения порошковых смесей с интегральным содержанием связки 80 % [4]. Микроструктура покрытий, наплавленных порошковыми смесями, содержащими композиционные порошки четырех исследованных составов, приведена на рис. 1. Структура покрытий представляет собой светло-серые частицы карбида титана, окруженные титановой связкой. Размер карбидных частиц тем меньше, чем больше титановой связки было в синтезированном порошке.

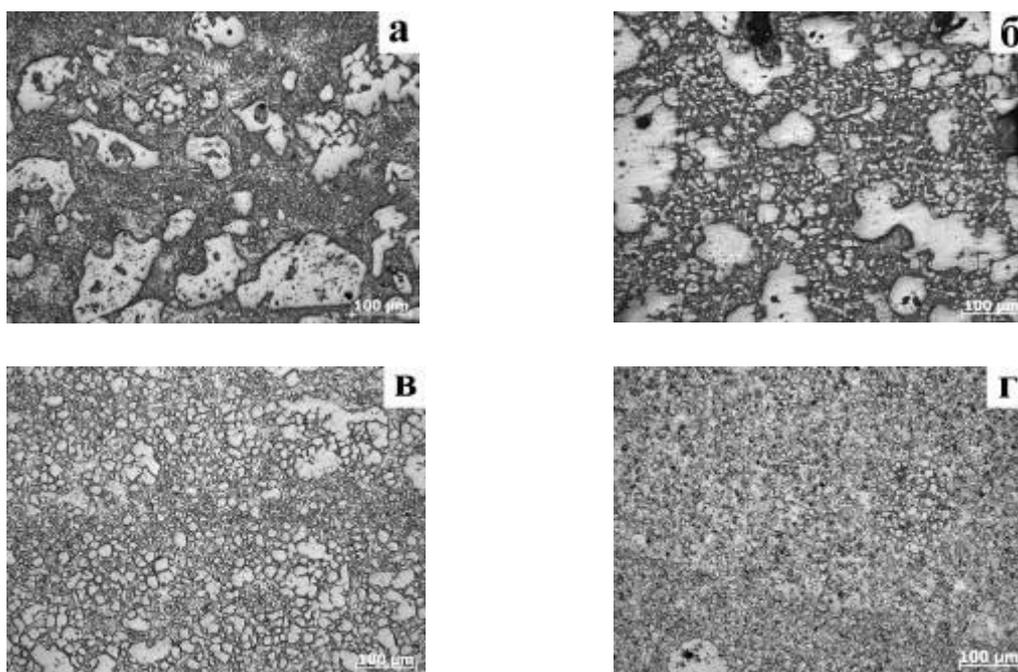


Рис. 1. Микроструктура наплавов TiC_x-Ti , полученных на воздухе СВС синтезированием с дошихтовкой титаном до 80 об.% Ti с расчетным ($x = 1$) исходным содержанием титана: а) 30 об.%, б) 40 об.%, в) 50 об.%, г) 60 об.%

В покрытиях, наплавленных композиционным порошком с расчетным содержанием связки 30 об.% Наблюдается значительная разница в размере карбидных частиц – с одной стороны это крупные (> 100 мкм) пористые частицы, с другой стороны мелкие (< 20 мкм) частицы в титановой связке. В связи с продолговатой формой многих мелких

частиц, можно предположить, что большинство из них – титановые, с характерной для титана игольчатой формой, а зерна, имеющие более округлую форму - это карбидные зерна, отделившиеся от крупных частиц в процессе наплавления покрытия.

В покрытиях остальных составов разброс по размеру карбидных частиц не так велик. Зависимость среднего размера зерна в исследуемых наплавленных покрытиях приведена на рис. 2. Характер зависимости твердости покрытий от содержания связки в СВ-синтезированных порошках приведен на рис. 3. Наблюдается тенденция на снижение твердости с увеличением содержания связки в порошках. Это можно объяснить, во-первых тем, что твердость нестехиометричного карбида ниже твердости стехиометричного, а с увеличением содержания связки в композиционных порошках карбид титана становится менее стехиометричным и во-вторых тем, что титановая связка обладает низкой твердостью, поэтому увеличение её содержания в композите приводит к снижению твердости в целом [5].

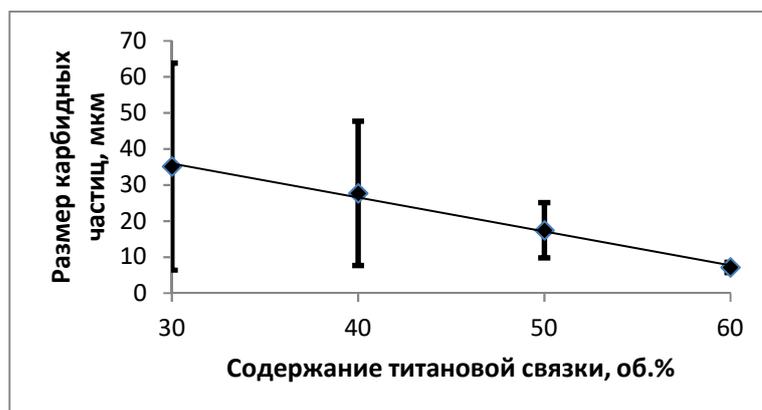


Рис. 2. Средний размер зерна в наплавках TiC+X об% Ti полученных на воздухе СВС синтезированием с дошихтовкой титаном до 80 об.% Ti

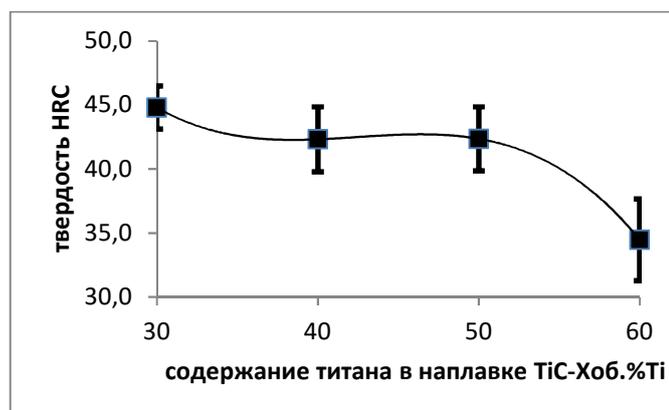


Рис. 3. Твердость наплавов TiC+X об% Ti полученных на воздухе СВС синтезированием с дошихтовкой титаном до 80 об.% Ti

По результатам испытаний покрытий на абразивный износ (рис. 4) выявлена четкая корреляция структуры наплавленных покрытий с их износостойкостью. При одинаковом интегральном содержании связки в покрытиях наибольшую износостойкость имеет покрытие с дисперсными частицами карбида титана, равномерно распределенными в титановой матрице (рис. 1, г). Минимальную износостойкость при изнашивании кварцевым песком имеет покрытие, состоящее из крупных карбидных частиц, окруженных титановой связкой (рис. 1, а). Таким образом, при увеличении содержания титановой связки в порошковых композитах, несмотря на снижение твердости, покрытия увеличивают свою стойкость к абразивному износу. Для выяснения причин такой зависимости износостойкости от структуры требуются исследования механизма изнашивания.

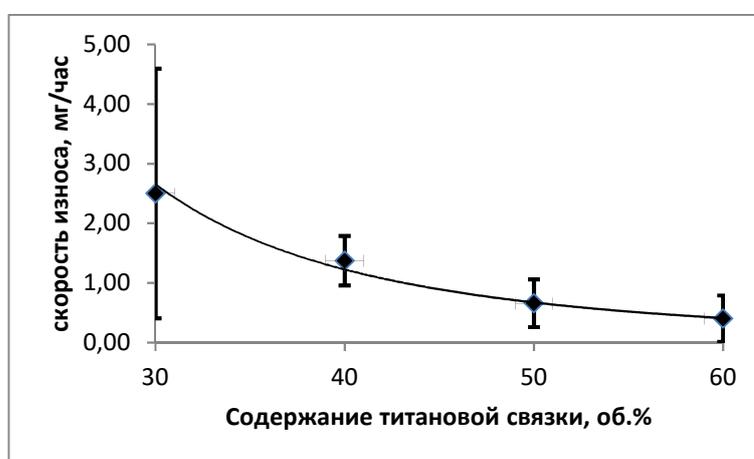


Рис. 4. Зависимость скорости износа от содержания титановой связки в наплавках TiC+X об.% Ti полученных на воздухе СВС синтезированием с дошихтовкой титаном до 80 об.% Ti

ВЫВОДЫ

С увеличением содержания титановой связки в исходных СВС-композитах, износостойкость покрытий повышается, а твердость понижается. Наиболее оптимальным составом, обладающим высокими значениями и твердости и износостойкости, являются композиционные порошки с 50 об.% связки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Zwickler Ulrich. Titan und Titanlegierungen. – Springer-Verlag, 1974. – 717 p.
2. Hamedy M. J. Effect of pulsed laser parameters on in-situ TiC synthesis in laser surface treatment / M. J. Hamedy, M. J. Torkamany, J. Sabbaghzadeh // Optics and lasers in engineering. – 2011. – Vol. 49. – P. 557–563.
3. Surface modification of TC4 alloy by laser cladding with TiC+Ti powders / ZHANG Ke-min, ZOU Jian-xin, LI Jun, YU Zhi-shui, WANG Hui-ping // Trans. Nonferrous Met. Soc. China. – 2010. – Vol. 20. – P. 2192–2197.

4. Korosteleva E. N. Structure and properties of powder cathode materials of titanium – titanium carbide system / Korosteleva E. N., Pribytkov G. A., Krinitcyn M. G. // Innovative technology and economics in mechanical engineering. National Research Tomsk Polytechnic University. – Tomsk, 2014. – P. 273–276.
5. Pribytkov G. A. Coatings produced by electron beam surfacing of composite materials consisting of titanium carbide and a binder of high-speed R6M5 tool steel / G. A. Pribytkov, M. N. Khramogin, V. G. Durakov, V. V. Korzhova. // Welding international. – 2008. – Vol. 22. – № 7. – P. 465–467.