

СТРУКТУРА И СВОЙСТВА ЭЛЕКТРОННОЛУЧЕВЫХ ПОКРЫТИЙ, НАПЛАВЛЕННЫХ СВС КОМПОЗИЦИОННЫМИ ПОРОШКАМИ «КАРБИД ТИТАНА – ТИТАНОВАЯ СВЯЗКА», СИНТЕЗИРОВАННЫМИ НА ВОЗДУХЕ

*Г.А. Прибытков, д.т.н., профессор,
М.Г. Криницын, магистрант гр. 4АМ31*

*Томский политехнический университет, 634050, г.Томск, пр.Ленина,30,
тел.(3822)-606-333*

E-mail: krinmax@gmail.com

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]. Толщина покрытий, наносимых на поверхность титана и его сплавов методами азотирования, оксидирования, хромирования, никелирования, вакуумно-дугового и магнетронного осаждения слишком мала, чтобы обеспечить необходимый ресурс работы деталей с покрытиями. Кроме того, в большинстве перечисленных выше методов существует проблема адгезии – надежного сцепления покрытия с подложкой.

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 [2-7]. 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.

Эта проблема контроля структуры наплавленного покрытия легко решается применением для наплавки композиционных порошков «TiC – титановая связка» с заранее заданными вышеперечисленными характеристиками структуры. Необходимо только подобрать такие технологические режимы наплавки, при которых не происходит перегрева гранул порошка с растворением карбидных включений в расплаве. В настоящей работе исследована структура и фазовый состав композиционных порошков, полученных самораспространяющимся высокотемпературным синтезом (СВС) в порошковых смесях титан – углерод.

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%. Микроструктура покрытий, наплавленных порошковыми смесями, содержащими композиционные порошки четырех исследованных составов, приведена на рисунке 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.

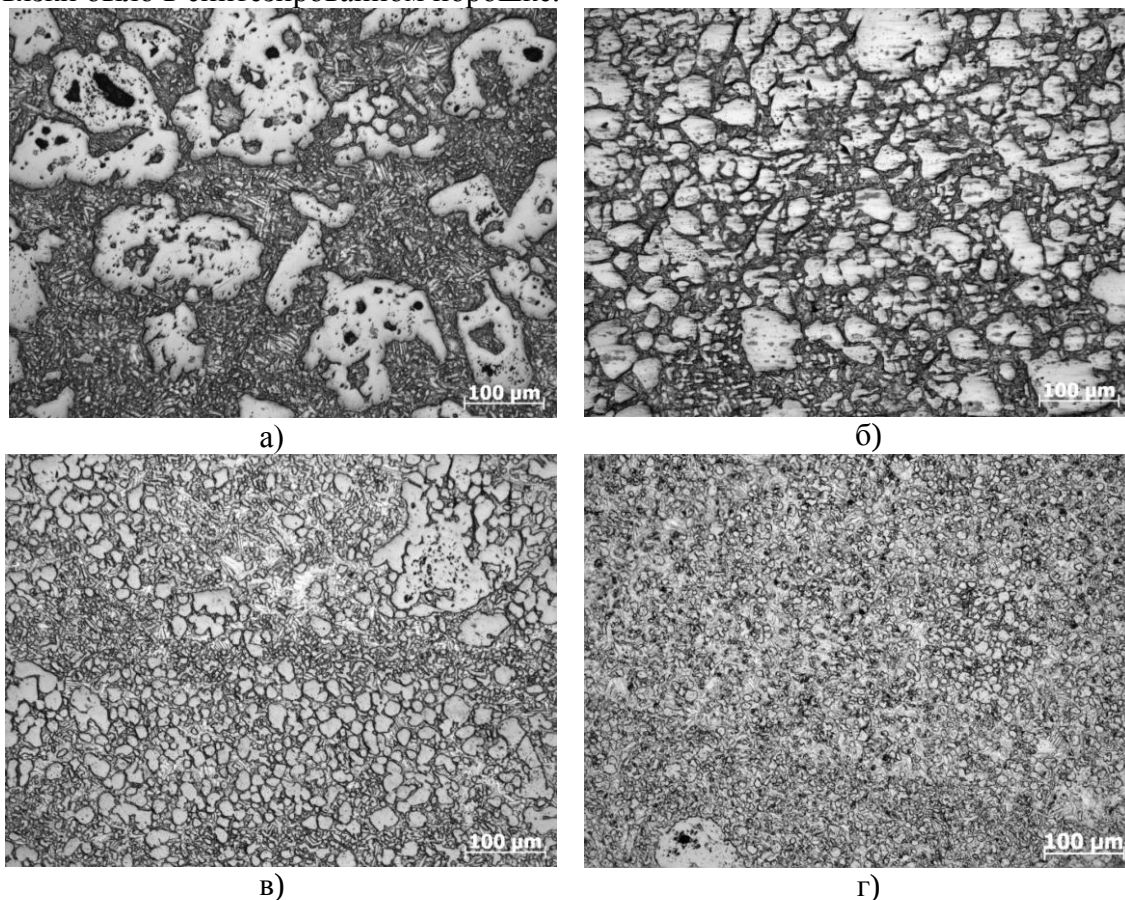


Рис. 1. Микроструктура наплавов TiC_x-Ti полученных на воздухе СВС синтезированием с дошихтовкой титаном до 80об.%Ti с расчетным ($x=1$) исходным содержанием титана: а) 30 об.%; б) 40 об.%; в) 50 об.%; г) 60 об.%.

В покрытиях, наплавленных композиционным порошком с расчетным содержанием связки 30об.% 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 рисунке 2.

Характер зависимости твердости покрытий от содержания связки в СВ-синтезированных порошках приведен на рисунке 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.

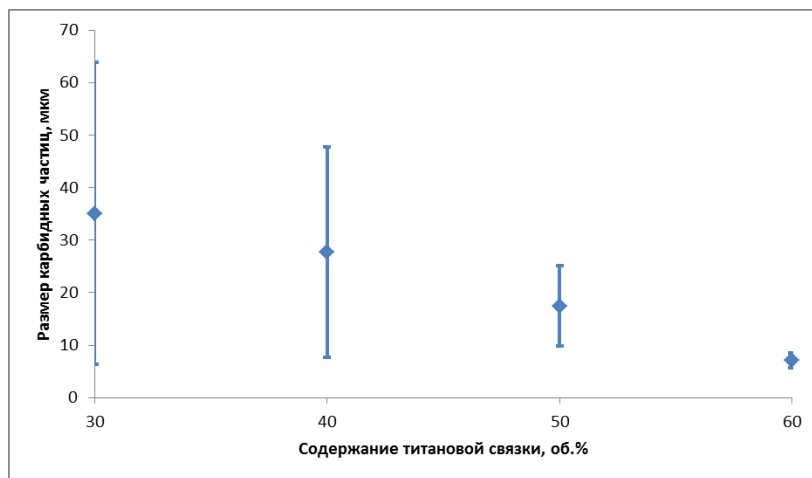


Рис. 2. Средний размер зерна в наплавках $\text{TiC}+\text{X об. \% Ti}$ полученных на воздухе СВС синтезированием с дошихтовкой титаном до 80 об. %Ti.

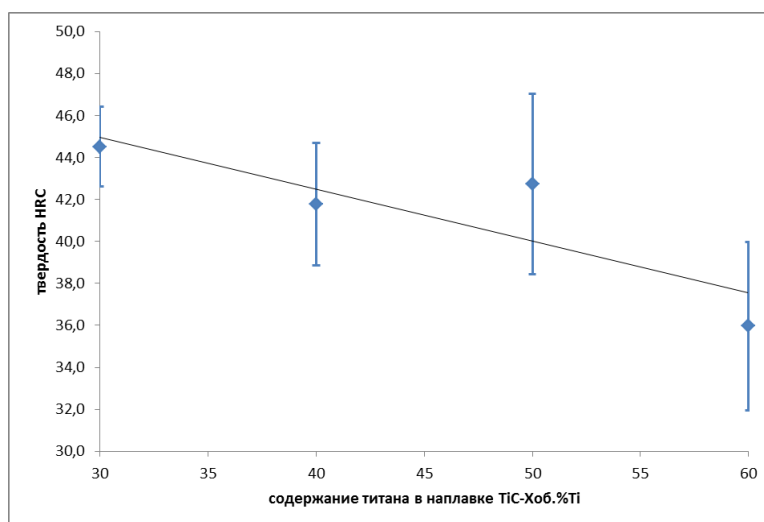


Рис. 3. Твердость наплавки $\text{TiC}+\text{X об. \% Ti}$ полученных на воздухе СВС синтезированием с дошихтовкой титаном до 80 об. %Ti.

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.

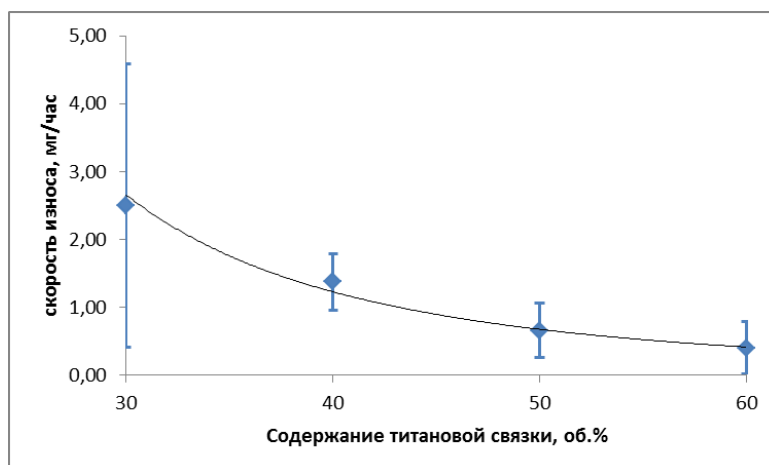


Рис. 4. Зависимость скорости износа от содержания титановой связки в наплавках TiC+Xоб.%Ti полученных на воздухе СВС синтезированием с дошихтовкой титаном до 80об.%Ti.

Для определения областей эффективного применения наплавленных покрытий с различной структурой необходимо определение износостойкости при других видах испытаний на абразивный износ, а также триботехнические испытания в контактных парах с различными материалами.

Список литературы:

1. Zwikker Ulrich, Titan und Titanlegierungen – Springer-Verlag, 1974. – 717 p.
2. Hamedy M.J., Torkamany M.J., Sabbaghzadeh J. Effect of pulsed laser parameters on in-situ TiC synthesis in laser surface treatment // Optics and lasers in engineering. – 2011. – V. 49. – P. 557–563.
3. Zhang K., Zou J., Li J., Yu Z., Wang H. Surface modification of TC4 alloy by laser cladding with TiC+Ti powders // Trans. Nonferrous Met. Soc. China. – 2010. – V. 20. – P. 2192–2197.
4. Bataev I.A., Bataev A.A., Golkovski M.G., Krivizhenko D.S., Losinskaya A.A., Lenivtseva O.G. Structure of surface layers obtained by atmospheric electron beam cladding of graphite-titanium powder mixture on to titanium surface // Applied Surface Science. – 2013. – V. 284. – P. 472–481.
5. W. Liu, J.N. DuPont. Fabrication of functionally graded TiC/Ti composites by Laser Engineering Net Shaping // Scripta Materialia. – 2003. – V. 48. – I. 9. – P. 1337–1342.
6. V.E. Panin, S.I. Belyuk, V.G. Durakov, G.A. Pribytkov, N.G. Rempe. Electron beam surfacing in vacuum: equipment, technology, coatings' properties // Welding production. – 2000. – V. 2. – P. 34–38.
7. Korosteleva E.N., Pribytkov G.A., Krinitcyn M.G. Structure and properties of powder cathode materials of titanium - titanium carbide system // Innovative technology and economics in mechanical engineering. – 2014. P. 273–276.
8. G.A. Pribytkov, M.N. Khramogin, V.G. Durakov, and V.V. Korzhova. Coatings produced by electron beam surfacing of composite materials consisting of titanium carbide and a binder of high-speed R6M5 tool steel // Welding international. – 2008. – V. 22. – № 7. P. 465–467.