

**МОНОЛИТНЫЕ ОБРАЗЦЫ "СИЛИЦИД ТИТАНА – ТИТАН",
ПОЛУЧЕННЫЕ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВЫМ СПЛАВЛЕНИЕМ ПОРОШКА**

М.Г. КРИНИЦЫН^{1,2}, Г.О. ДАНКОВЦЕВ¹

Научный руководитель: доцент, к.т.н., Коростелева Е.Н.

¹Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
Россия, г.Томск, пр. Ленина, 30, 634050

²Институт физики прочности и материаловедения СО РАН,
Россия, г. Томск, пр. Академический, 2/4, 634055
E-mail: mr.dankovtseff@yandex.ru

Аддитивные технологии на сегодняшний день являются одними из наиболее быстро развивающихся технологий в связи с их высоким потенциалом и возможностью значительно ускорить и удешевить производство сложных металлических, керамических и композиционных изделий. Электронно-лучевое плавление порошка является одним из наиболее развитым на сегодняшний день представителем аддитивных технологий и успешно применяется для изготовления деталей такими фирмами как Boeing, General Electric, Space-X и др. На сегодняшний день композиционные порошковые материалы всё чаще используются в промышленности, приходя на замену дорогим сплавам, поскольку, при значительно более низкой цене, материалы на основе композиционных порошков обладают уникальным сочетанием твердости, прочности, пластичности и износостойкости при абразивном износе и в контактных парах. В данной работе исследованы монолитные электронно-лучевые наплавки, полученные с применением композиционных порошков состава $Ti_5Si_3 + Ti$, с варьированием содержания титановой связки. Наплавленные покрытия исследовали на оборудовании Центра коллективного пользования ИФПМ СО РАН на металлографическом микроскопе (AXIOVERT-200MAT) и микротвердомере (DURAMIN 500).

На полученных наплавках был приготовлен поперечный шлиф, микрофотографии наблюдаемой структуры приведены на рисунке 1.

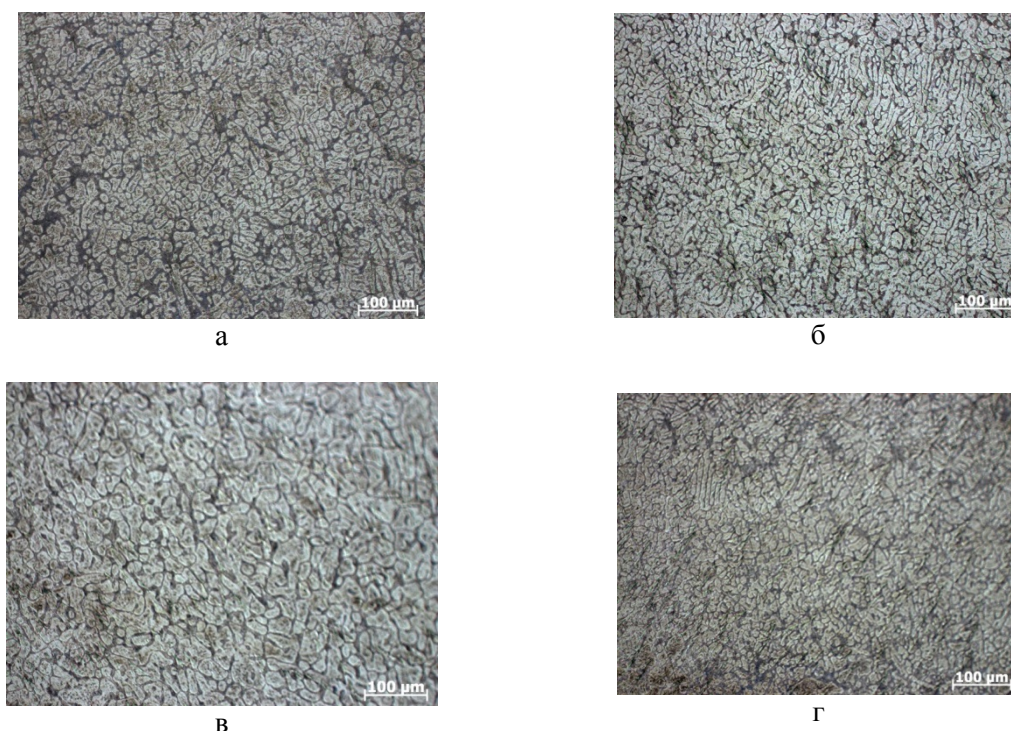


Рисунок 1 - Микрофотографии поперечного шлифа полученных наплавов

$Ti_5Si_3 + x \text{ об. \% Ti}$, где x: а) - 10; б) - 20; в) - 30; г) - 40

Как видно, наплавка не обладает ярко выраженной композиционной структурой, и с увеличением связки пространство между силицидными частицами в среднем остается неизменным, однако изменяется размер самих частиц. Средний размер частиц во всех полученных наплавках приведен на рисунке 2.

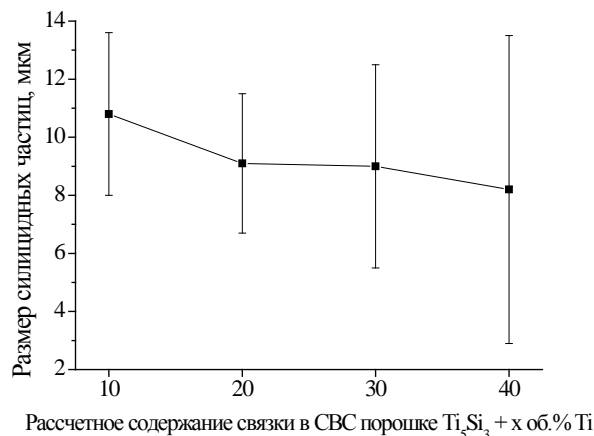


Рисунок 2 - Средний размер силицидных частиц в наплавке $Ti_5Si_3 + x \text{ об. \% Ti}$

Исходя из полученных данных можно сказать, что в среднем размер частиц монотонно уменьшается с увеличением содержания связки (от 11 мкм в наплавках с 10 об. % Ti до 8 мкм в наплавках с 40 об. % Ti), однако разброс в значениях размера частиц с увеличением содержания связки увеличивается. Так, в наплавках с 40 об. % титановой связки присутствуют силицидные частицы размера как 14 мкм, так и 3 мкм.

Все полученные наплавки были испытаны на износостойкость, также на всех наплавках была измерена микротвердость (рисунок 3).

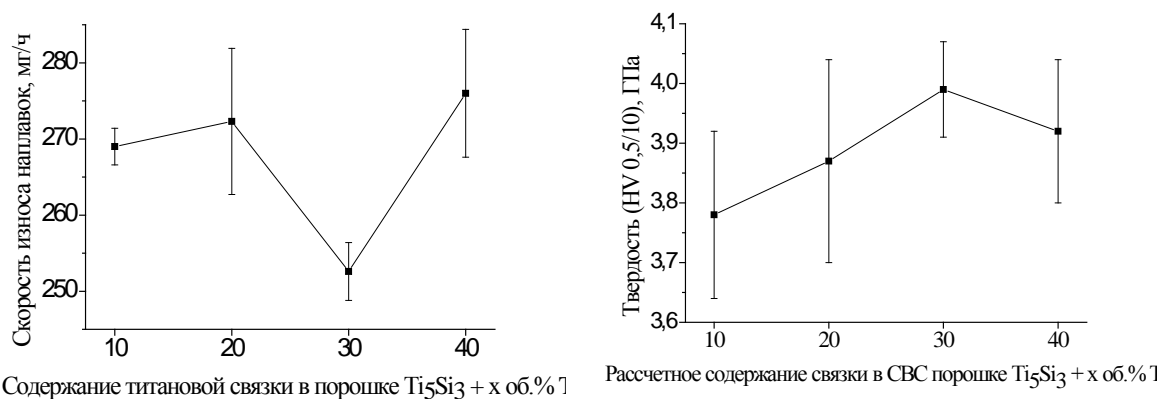


Рисунок 3 - Скорость износа (слева) и микротвердость (справа) наплавки $Ti_5Si_3 + x \text{ об. \% Ti}$

Наплавки обладают большей твердостью и износостойкостью, чем титан BT1-0, микротвердость которого составляет 190 Hv, а скорость износа 452 мг/ч.

Минимальной скоростью износа (соответственно наибольшей износостойкостью), а также наибольшей твердостью обладают наплавки с содержанием 30 об.% титановой связки. Наименьшей износостойкостью (в связи с наибольшей скоростью износа) обладают образцы с содержанием связки 40 об.%. Это связано с тем, что в этих образцах наряду с мелкими частицами (около 3 мкм) присутствуют достаточно крупные (около 14 мкм), которые при изнашивании уносятся целиком, значительно увеличивая скорость износа.