

УДК 669.716:621.785

*В.Г. Шморзун¹, О.В. Слаутин¹, А.С. Кайгородов², Д.А. Евстропов¹, Р.Е. Новиков¹*¹Волгоградский государственный технический университет²Институт электрофизики УРО РАН**МИКРОМЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ КУПРИДОВ ТИТАНА В ТЕМПЕРАТУРНОМ ИНТЕРВАЛЕ 20 – 400 °С***

В металлургическом производстве значительную часть себестоимости продукции составляют затраты на ремонт оборудования, поэтому повышение износостойкости медных стенок кристаллизаторов в машинах непрерывного литья является актуальной задачей [1]. При движении металла через кристаллизатор в зоне взаимодействия поверхностей идет значительный абразивный износ, который приводит к изменению исходной геометрии кристаллизатора, после 4 – 8 циклов использования медные стенки утилизируются.

Одним из путей решения данной проблемы является формирование на поверхности меди интерметаллидного покрытия, физико-механические и эксплуатационные свойства которого определяются его составом и зависят от режимов и способа получения [2 – 4].

Целью настоящей работы является исследование структуры и микромеханических свойств интерметаллидных покрытий на основе купридов титана, сформированных на поверхности медной подложки.

Получение покрытия на поверхности медной подложки включало сварку взрывом пластин меди марки М1 толщиной 5 мм и титана марки ВТ1-0 толщиной 4 мм, термическую обработку полученного биметалла при 900 °С в течение 10 мин (время выдержки при контактом плавлении обеспечивало наличие непрореагировавшего слоя титана), механическое удаление титанового слоя.

Исследования микроструктуры покрытия осуществляли на оптическом микроскопе Olympus BX61. Химический состав определяли с помощью сканирующего электронного микроскопа Versa 3D Dual Beam. Шероховатость поверхности оценивали на установке Zygo NewView 500. Микромеханические свойства определяли с помощью наномеханического комплекса Nanotest-600 (Micro Materials Ltd., U.K.). Для определения микротвердости ис-

пользовали трехгранную алмазную пирамидку Берковича, количество уколов в серии – 10.

При проведении измерений обеспечивали плоско-параллельную геометрию образцов, которые приклеивали к нагреваемой подложке с помощью высокотемпературного клея. Экспериментальные данные обрабатывали с использованием специализированных пакетов прикладных программ.

Металлографические исследования показали, что толщина сформированного на поверхности медной подложки покрытия составляет около 300 мкм. Его основными структурными составляющими являются структурно свободные интерметаллиды βTiCu_4 (22,15 % Ti, 77,85 % Cu (ат.)) и TiCu_2 (30,84 % Ti, 69,16 % Cu (ат.)), на поверхности присутствует интерметаллид Ti_3Cu_4 (41,78 % Ti, 58,22 % Cu (ат.)) (рис. 1).

При определении шероховатости поверхности покрытия за величину R_a принимали шероховатость на площади 700×500 мкм. Значения усредняли минимум по 10 измерениям. Для медной подложки $R_a = 315 \pm 129$ нм, для покрытия $R_a = 671 \pm 108$ нм (в качестве ошибки приводится стандартное отклонение значений) (рис. 2). Полученные результаты: $PV = 5,298$ мкм; $\text{rms} 0,902$ мкм; $R_a = 0,746$ мкм.

На рис. 3 представлены зависимости изменения микротвердости меди и покрытия от температуры испытания с учетом термического дрейфа. Анализ показывает, что в исследованном интервале температур микротвердость покрытия примерно в 3,6 раза выше микротвердости чистой меди, причем зависимость имеет немонотонный характер, более четко выраженный для чистой меди. Последнее является результатом взаимодействия двух конкурирующих процессов: окисления поверхности с образованием более твердого оксидного химического соединения и ее разупрочнения в результате нагрева. Очевидно, что до 200 °С преобладает первый процесс, что приводит к увеличению микротвердости (этот эффект мо-

* Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 14-19-00418).

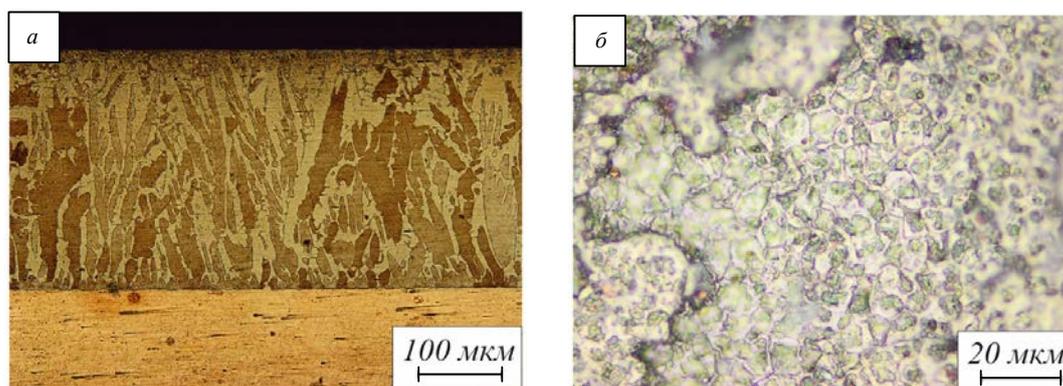


Рис. 1. Структура (а) и внешний вид (б) покрытия из купридов титана, сформированного на поверхности медной подложки

жет быть исключен при измерении микротвердости в инертной атмосфере).

Выводы. Термическая обработка сваренного взрывом биметалла медь – титан при режимах, обеспечивающих контактное плавление на его межслойной границе, позволяет после механического удаления титанового слоя формировать на поверхности меди интерметаллидное покрытие с фазовым составом $\beta\text{TiCu}_4 + \text{TiCu}_2 + \text{Ti}_3\text{Cu}_4$, шероховатость которого составляет 671 ± 108 нм. В исследованном интервале температур 20 – 400 °С микротвердость покрытия в 3,6 раза выше микротвердости меди.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пшеничников А.П., Колесникова К.А., Белюк С.И. Повышение износостойкости медных стенок кристаллизаторов машин непрерывного литья заготовок. – В кн.: Материалы XVII Международной научно-практической конференции «Современные техника и технологии» СТТ-2012. – Томск: изд. ТПУ, 2012. Т. 2. С. 215, 216.

2. Reza Bateni M., Szpunar J.A., Ashrafi zadeh F., Zandrahimi M. The effect of novel Ti – Cu intermetallic compound coatings on tribological properties of copper // The annals of university “dunărea dejos” of galați fascicle VIII, tribology 2003 ISSN 1221-4590. P. 55 – 62.
3. Шморгу н В.Г., Артемьев А.А., Антонов А.А., Евстропов Д.А., Бондаренко Ю.И. Структура и трибологические свойства покрытий на основе купридов титана // Известия ВолгГТУ. Межвуз. сб. науч. ст. № 23 (150). – Волгоград: изд. ВолгГТУ, 2014. С. 30 – 32.
4. Шморгу н В.Г., Слаутин О.В., Евстропов Д.А., Таубе А.О., Бондаренко Ю.И. Структура и механические свойства металло-интерметаллидных композитов системы Ti – Cu // Вестник СибГИУ. 2014. № 1. С. 3 – 6.

© 2015 г. В.Г. Шморгу н, О.В. Слаутин,
А.С. Кайгородов, Д.А. Евстропов,
Р.Е. Новиков
Поступила 27 января 2015 г.

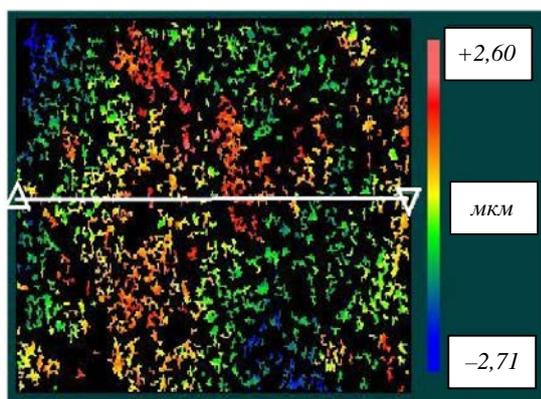


Рис. 2. Вид (скан) основного окна ПО MetroPro для прибора Zygo NewView 500

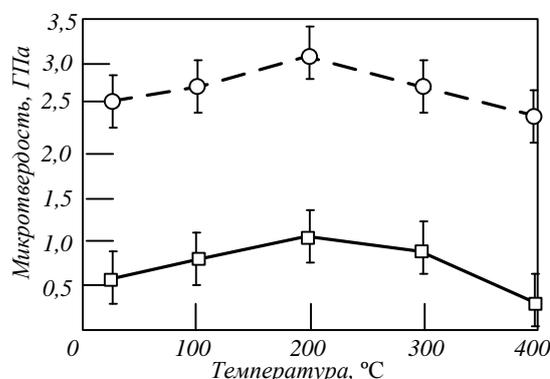


Рис. 3. Зависимость микротвердости меди (—) и покрытия (---) от температуры испытания