

УДК 669.716:621.785

СТРУКТУРА И ФАЗОВЫЙ СОСТАВ ДИФфуЗИОННОЙ ЗОНЫ, СФОРМИРОВАННОЙ ПРИ КОНТАКТНОМ ПЛАВЛЕНИИ НА МЕЖСЛОЙНОЙ ГРАНИЦЕ БИМЕТАЛЛА МЕДЬ М1 + ТИТАН ВТ1-0*

Анна Андреевна Чешева⁽¹⁾, Виталий. Павлович Кулевич⁽²⁾, Юлия Игоревна Бондаренко⁽²⁾

*Магистр 1 года⁽¹⁾, студент 3 курса⁽²⁾,
кафедра «Материаловедение»
Волгоградский государственный технический университет*

*Научный руководитель: В.Г. Шморзун⁽¹⁾, О.В. Слаутин⁽²⁾
доктор технических наук, профессор⁽¹⁾, кандидат технических наук, доцент⁽²⁾
кафедры «Материаловедение»*

Исследованы структура и фазовый состав диффузионной зоны, сформированной в присутствии жидкой фазы на межслойной границе медно-титанового композита, полученного сваркой взрывом.

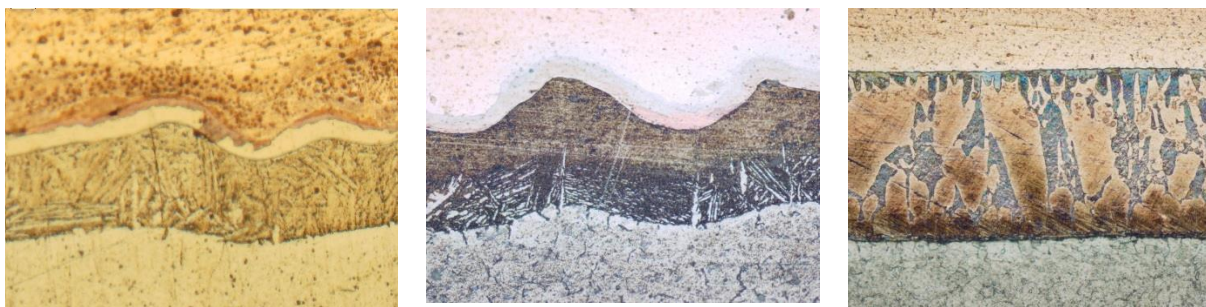
В работах [1-4] показано, что нагрев слоистых металлических композитов систем (Ni-Al, Ti-Al, Ti-Cu и др.) выше температуры эвтектического превращения приводит к одновременному протеканию двух процессов - плавления и реактивной диффузии. В результате на границе раздела слоев формируется диффузионная зона, структура и фазовый состав которой контролируется температурно-временными условиями термообработки (ТО).

Проведенные нами исследования показали, что контактное плавление в системе Ti-Cu начинается при температуре выше 900°C (рис 1). Поэтому исследование структуры и свойств межслойной границы сваренного взрывом биметалла медь М1 (4мм)+титан ВТ1-0 (4 мм) проводили после его ТО 900 – 980°C с различными временами выдержки.

Размер диффузионной зоны определяли с помощью микроскопа OLYMPUS BX 61 на грани шлифа, нормальной к поверхности раздела. В каждом случае проводили не менее 20 измерений, что позволило получить величину ошибки $\pm 0,4$ мкм.

Измерения микротвердости проводили по стандартной методике на приборе ПМТ-3 под нагрузкой 50 грамм.

Рентгеновские съемки выполняли на дифрактометре ДРОН-3 в излучении медного анода. Расшифровку дифрактограмм проводили путем сравнения полученных значений межплоскостных расстояний с табличными данными картотеки ASTM для каждой из фаз.



а

б

в

Рис. 1. Микроструктура зоны соединения в биметалле М1+ВТ1-0 после ТО при температуре 850 (а) и 880°С (б), 1 ч и 900°С (в), 5 мин (х500)

На рисунке 2 представлены результаты экспериментальных данных, отражающих зависимость толщины диффузионной зоны от режимов нагрева. Их анализ показывает, что с увеличением времени выдержки прослойка растет до тех пор, пока весь титановый слой не трансформируется в диффузионную зону. Интенсивность взаимодействия определяется, в основном, температурой нагрева.

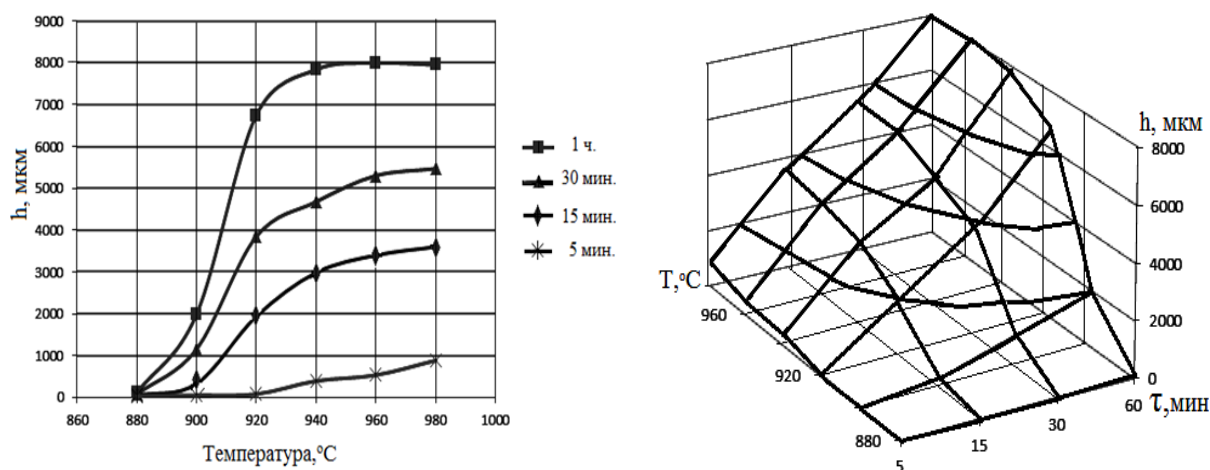


Рис. 2. Влияние режимов ТО на размер диффузионной зоны, образующейся на границе титан – медь

В результате ТО в меди происходят структурные изменения, связанные с увеличением размера зерна во всем диапазоне исследованных температур (рис.3.), что в свою очередь отражается на значениях микротвердости (рис.4). В титановом слое вследствие нагрева выше температур $\alpha \rightarrow \beta$ превращения, после охлаждения формируется игольчатая структура (рис.3. б, в) твердого раствора переменной концентрации, что сопровождается соответствующим изменением микротвердости (рис.4).

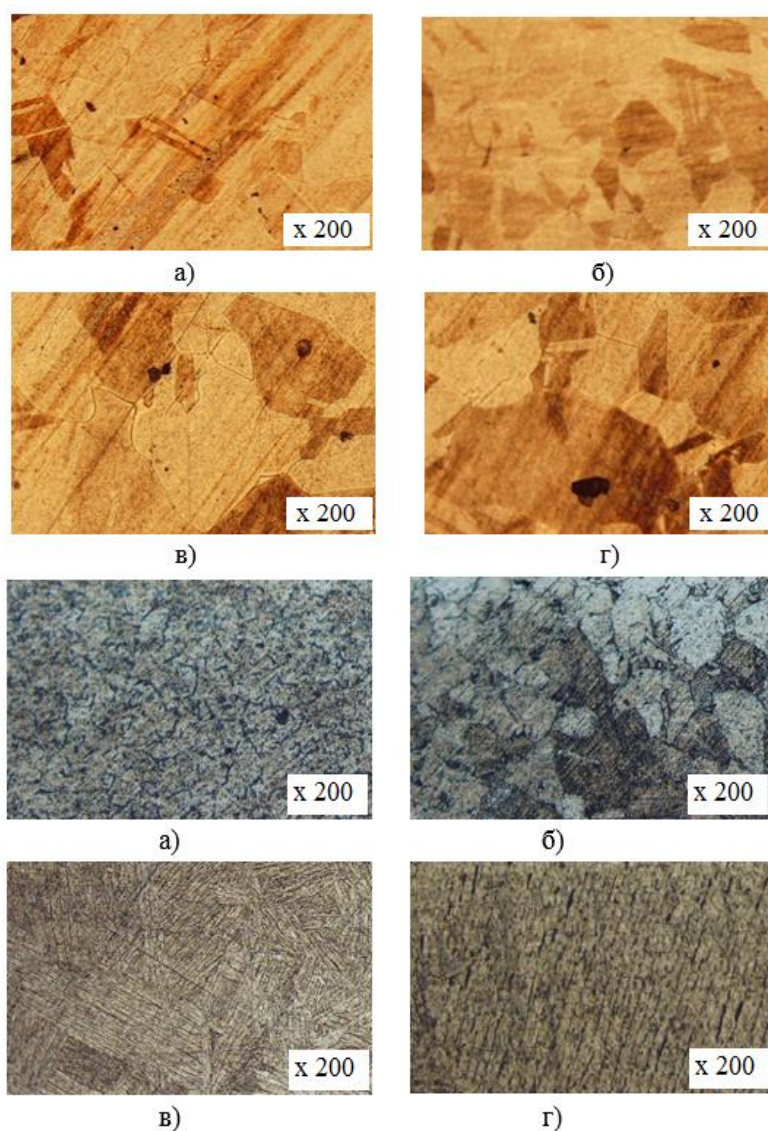


Рис. 3. Микроструктуры меди и титана М1 и ВТ1-0 после ТО при температуре 880 (а), 900 (б), 940 (в) и 980 (г) °С

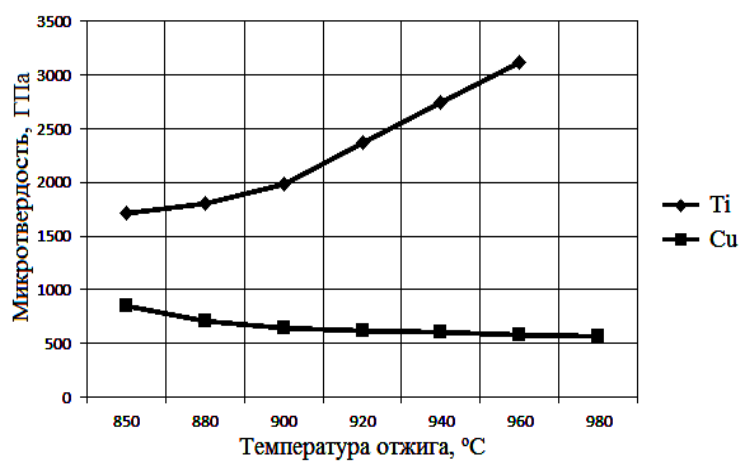


Рис.4. Характер изменения микротвердости меди и титана М1 и ВТ1-0 в зависимости от режимов термической обработки

Структура диффузионной зоны в ее поперечном сечении неоднородна (рис. 5, 6). У границы с титаном значения твердости в среднем в полтора раза выше, чем у границы с медью (рис.7). При переходе от одной структурной составляющей к другой наблюдается достаточно большой разброс значений микротвердости (до 0,8 ГПа).

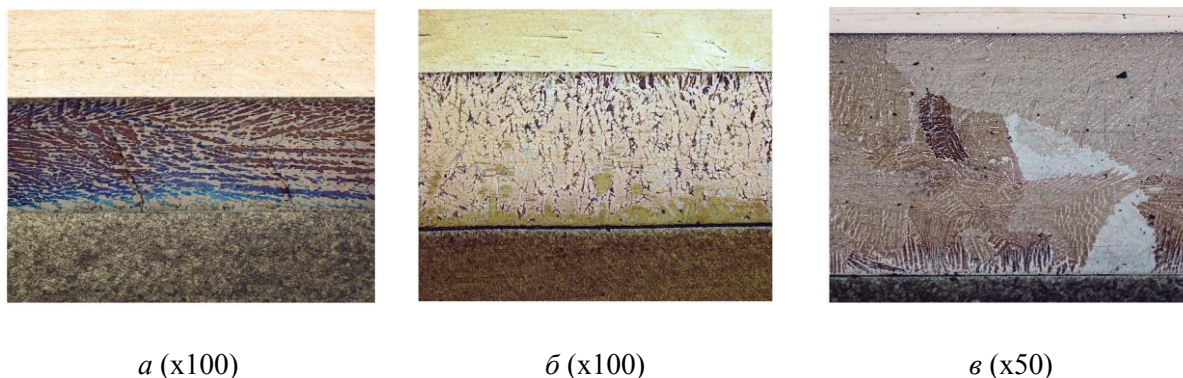


Рис. 5. Микроструктура диффузионной зоны в биметалле М1+ВТ1-0 после ТО 900°С в течении 15 (а), 30 (б) и 60 (в) мин

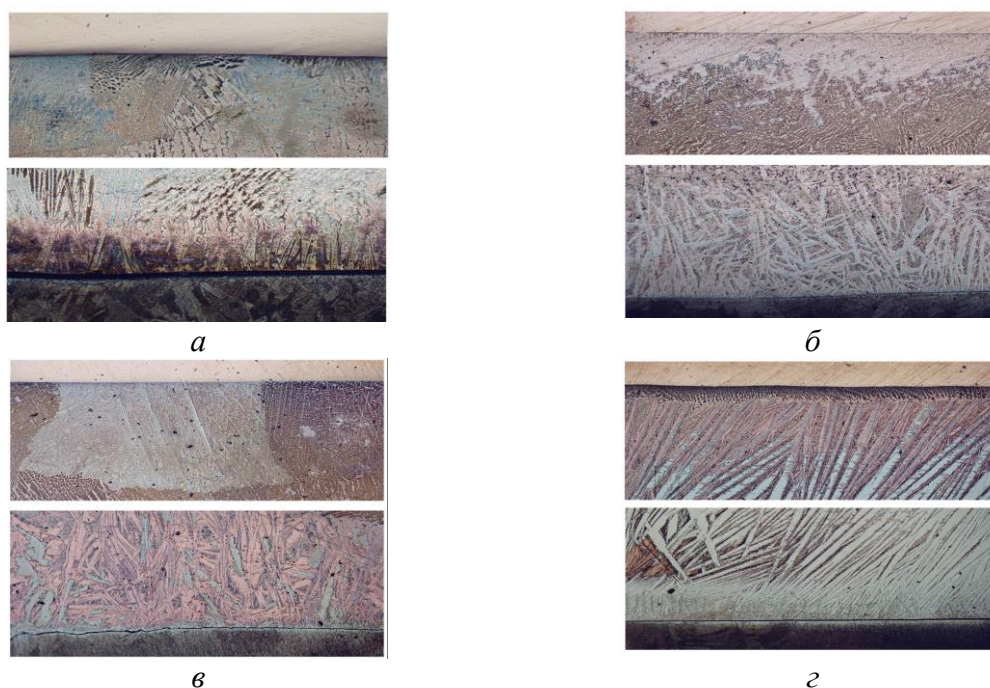


Рисунок 6. Микроструктура диффузионной зоны в биметалле М1+ВТ1-0 после ТО в течение 15 мин при температуре 920 (а), 940 (б), 960 (в) и 980 °С (г) (x50)

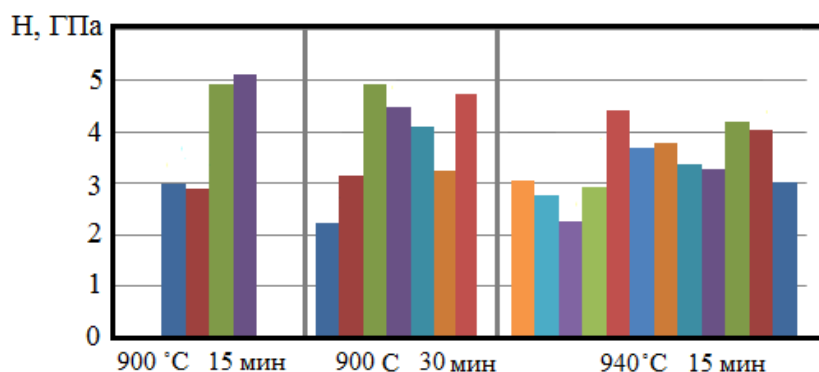


Рис. 7. Распределение микротвердости в поперечном сечении диффузионной зоны (от меди к титану)

Сопоставление массовой доли прореагировавших компонентов (оценивали по изменению толщины соответствующего слоя) с диаграммой состояния медь-титан [5] позволило в первом приближении оценить фазовый состав диффузионной зоны. Результаты такой оценки представлены в таблице 1. Их анализ свидетельствует о том, что состав диффузионной зоны должен меняться в зависимости от температурно-временных режимов ТО.

Таблица 1. Оценка фазового состава по количеству прореагировавших компонентов

Температура	Время	Исходная толщина	Прореагировавшие компоненты		Cu / Ti	Фазовый состав согласно [4]
°C	мин	мм	Cu, мм	Ti, мм	об. %	
900	15	4+4	0,87	0,086	91/9	(Cu) + TiCu ₄
	30		0,959	0,196	83/17	TiCu ₂ + TiCu ₄
	60		0,497	1,49	25/75	αTi + Ti ₂ Cu
920	15		1,453	0,484	75/25	TiCu ₂ + TiCu ₄
940	15		2,0	0,985	67/33	Ti ₂ Cu ₃ + TiCu ₄
960	15		1,598	1,802	47/53	Ti ₃ Cu ₄ + TiCu
980	15		1,548	2,052	43/57	Ti ₃ Cu ₄ + Ti ₂ Cu ₃ + TiCu

Расшифровка дифрактограмм после рентгеновской съемки со стороны диффузионной зоны, механически отделенной от слоя титана, показала, что структура и фазовый состав диффузионной зоны зависит от температурно-временных режимов ТО. Так после ТО (900°C) в составе диффузионной зоны идентифицируются линии, соответствующие интерметаллидам TiCu, TiCu₃ и TiCu₄, а при 960°C - Ti₃Cu₄, TiCu, TiCu₃ и TiCu₂ (рис. 8).

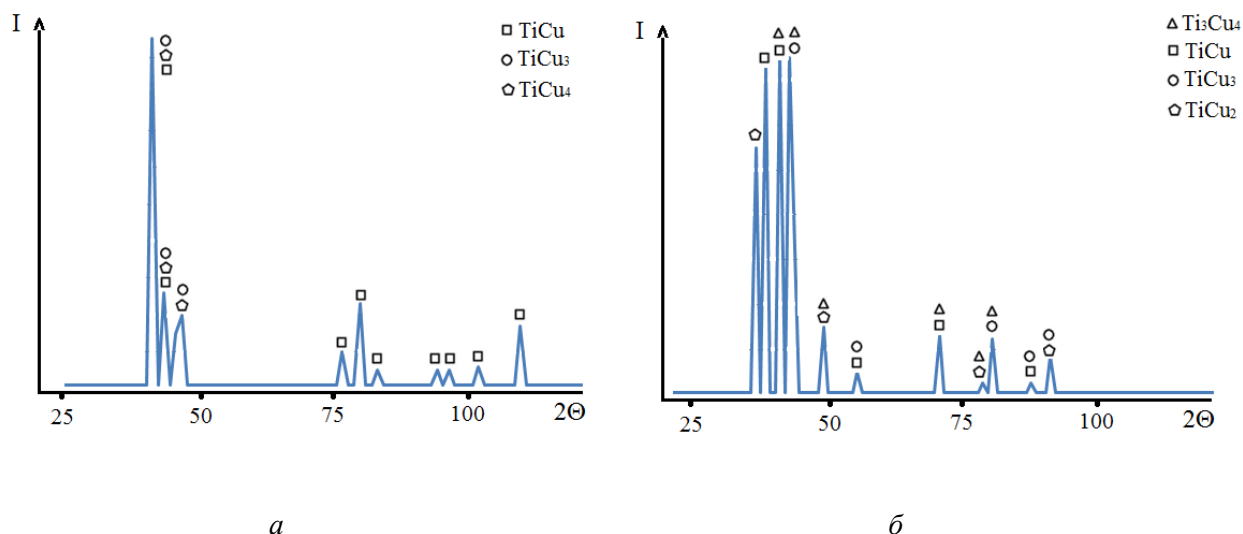


Рис. 8. Дифрактограммы, полученные после съемки с поверхности диффузионной зоны, после ТО 900 (а) и 960°C (б) в течении 15 мин

Таким образом, проведенные нами исследования показали, что диффузионное взаимодействие в присутствии жидкой фазы приводит к исчезновению сформировавшегося при сварке взрывом на границе раздела титанового и медного слоев волнового профиля и формированию на поверхности меди интерметаллидного покрытия, структура и фазовый состав которого определяются температурно-временными режимами термообработки.

**Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФФИ (13-08-00066 А и 13-08-97025 р_поволжье_а) и Министерства образования и науки РФ*

Литература

1. Kundu. S. Diffusion bonding of commercially pure titanium to 304 stainless steel using copper interlayer / S. Kundu, M. Ghosh, A. Laik, K. Bhanumurthy, G.B. Kale, S. Chatterjee // Materials Science and Engineering - 2005 (A 407). p. 154–160.
2. Bratanich. T. I., “Kinetics of destructive hydrogenation of Ti_2Cu and $TiCu$ intermetallides / T. I. Bratanich, V. V. Skorokhod, and O. V. Kucheryavyi // Powder Metall. Met. Ceram - 2010, №6, p. 330–338.
3. R.K. Shiue, S.K. Wu, C.H. Chan, and C.S. Huang: Infrared braz-ing of Ti–6Al–4V and 17-4 PH stainless steel with a nickel barrier layer. Metall. Mater. Trans. A37,2207 (2006).
4. Шморгун В.Г. Формирование структуры диффузионной зоны СИК системы Ni–Al в присутствии жидкой фазы / Шморгун В. Г., Трыков Ю. П., Богданов А. И., Арисова В. Н // № 5(78). – Волгоград: ИУНЛ ВолгГТУ, 2011.– Сер. Проблемы материаловедения, сварки и прочности в машиностроении. Вып. 5. с. 11-14.
5. Lee. M.K. Strong bonding of titanium to copper through the eliminationof the brittle interfacial intermetallics / M.K. Lee, J.G. Lee, J.K. Lee, J.J. Park, G.J. Lee, Y.R. Uhm, and C.K. Rhee // J. Mater. Res., Vol. 23, No. 8, Aug 2008, p. 2254-2263.