

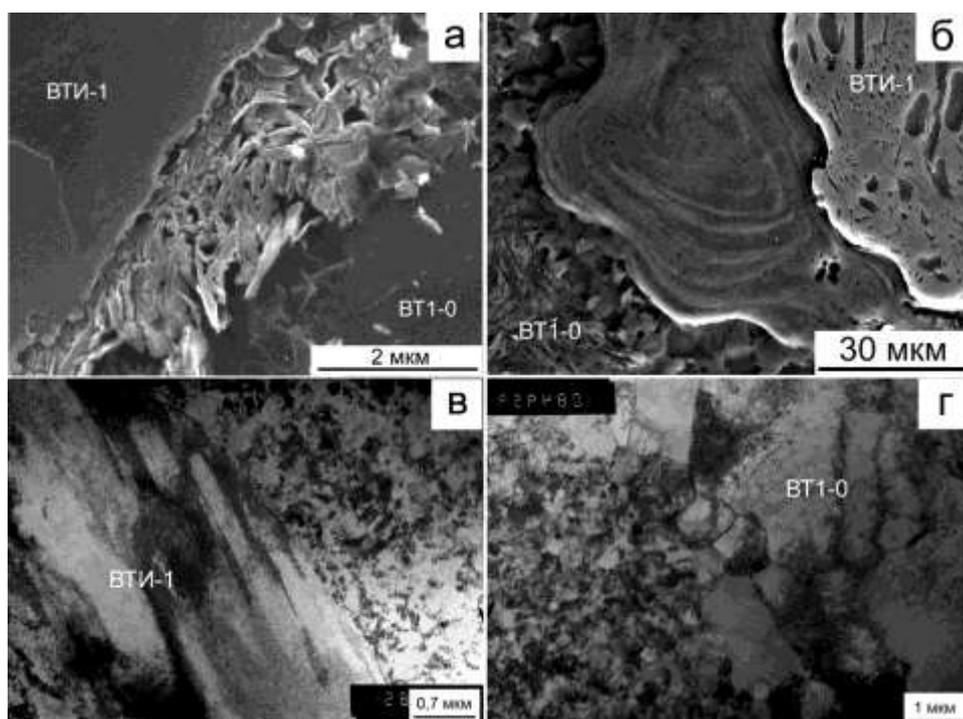
# **ИЗУЧЕНИЕ МАССОПЕРЕНОСА И ДРУГИХ ПРОЦЕССОВ, ПРОТЕКАЮЩИХ В ПЕРЕХОДНОЙ ЗОНЕ БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ ТИТАНА С ОРТОРОМБИЧЕСКИМ АЛЮМИНИДОМ ТИТАНА ПРИ СВАРКЕ ВЗРЫВОМ**

*Иноземцев А.В., Волкова А.Ю.*

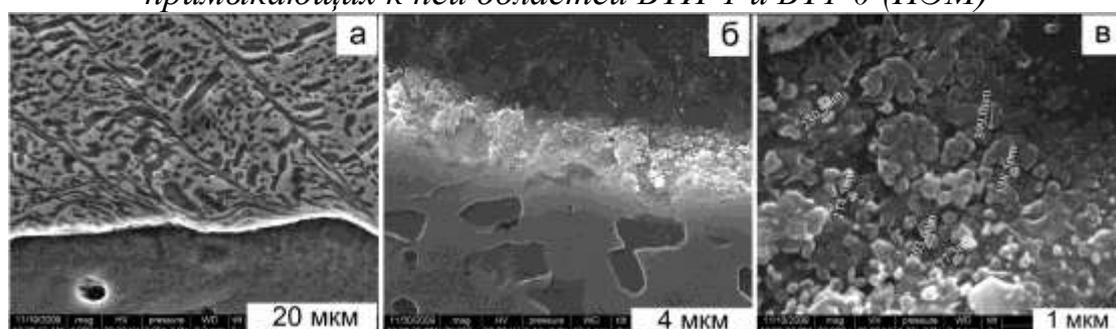
*Руководитель – проф., д.ф.-м.н. Гринберг Б.А.*  
ИФМ УрО РАН, г. Екатеринбург, avinz@imp.uran.ru

При варьировании параметров сварки взрывом и их оптимизации для различных пар материалов необходимы исследования структуры биметаллических соединений и выявление основных образующих ее элементов. Среди большого количества результатов, относящихся к получению самых различных сварных соединений и их применению в различных отраслях промышленности [1] лишь малую долю составляют структурные исследования, причем в основном они ограничиваются оптической микроскопией. Наиболее важной и наименее исследованной является переходная зона вблизи контактной поверхности сварных соединений. Именно структура переходной зоны во многом определяет прочностные характеристики соединения. С момента открытия сварки взрывом и по сей день исследователи, работающие в этой области, ещё не пришли к единому мнению о природе образования соединения при сварке взрывом [1]. Полученные нами результаты могут быть использованы, прежде всего, для подтверждения того, что некоторые гипотезы маловероятны. Речь идет о диффузионной, рекристаллизационной, пленочной и дислокационной гипотезах. Опираясь на полученные экспериментальные данные можно поставить под вопрос общепринятое мнение о том, что сварка взрывом – это способ соединения металлов в твёрдой фазе, а образование расплавов в переходной зоне – это побочный, нежелательный процесс.

Исследована структура переходной зоны соединения титан–орторомбический алюминид титана (ВТ1-0 – ВТИ-1), полученного сваркой взрывом. Существует определенная степень риска, связанная, во-первых, с выбором интерметаллида в качестве одного из материалов для сварки, а во-вторых, с расплавлением в процессе сварки. Считается, что участки расплавов или как их ещё называют в литературе «литые включения», ухудшают свойства соединения. Выбор для получения соединения с титаном орторомбического алюминида титана оказался, тем не менее, удачным. Сварку выполняли при различных режимах, используя различные схемы. Граница раздела (слой ~1–2 мкм) оказалась расплавленной. Выявлены характерные структуры, свидетельствующие о расплавлении. Выяснено что в зонах локальных расплавов нет опасных (охрупчивающих) структурных составляющих, и тем самым преодолен стереотип опасности расплавления при сварке взрывом.



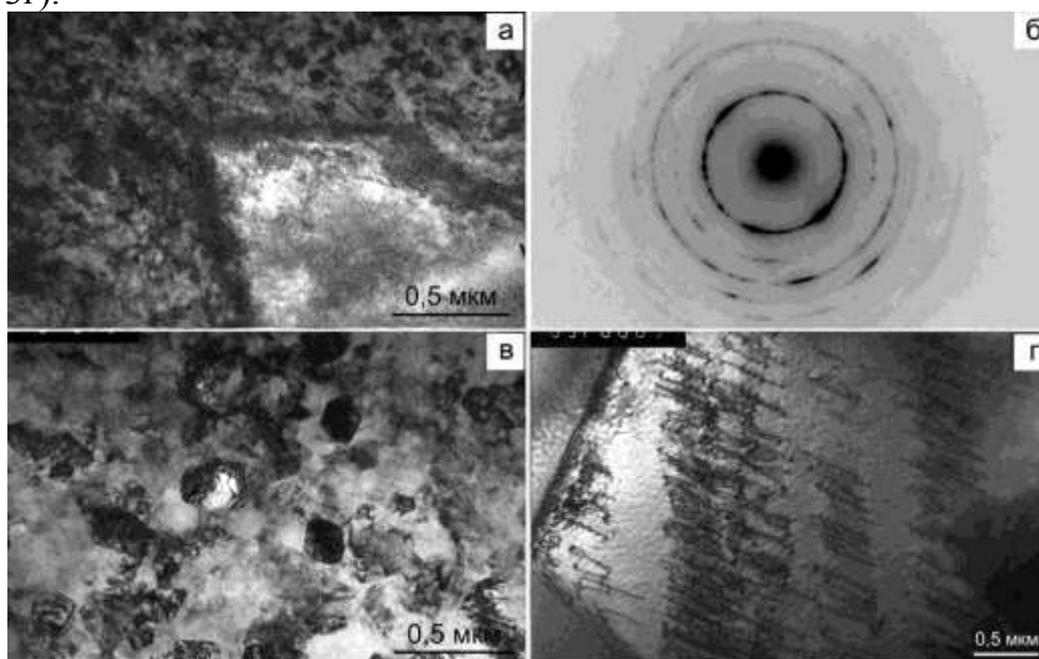
*Рис. 1* Переходная зона ВТИ-1–титан: а – тонкая расплавленная прослойка вдоль границы раздела (СЭМ); б – зоны локальных расплавов вблизи волнообразной границы раздела (СЭМ); в, г – ультрадисперсная микроструктура зон локальных расплавов и микроструктура примыкающих к ней областей ВТИ-1 и ВТИ-0 (ПЭМ)



*Рис. 2* Сплошная расплавленная граница в соединении без зон локальных расплавов: а – общий вид б, в – структура границы при различных увеличениях (СЭМ)

В результате исследований переходной зоны биметаллических соединений методами оптической металлографии, сканирующей и просвечивающей электронной микроскопии было показано, что в процессе сварки через границу раздела происходит интенсивный массоперенос как посредством деформации волнообразования с образованием множества микровыступов одного материала в другой на образующейся волнообразной границе, так и посредством расплавления материалов на границе раздела и интенсивной циркуляции расплава в случае образования зон локального расплавления с наблюдаемых в них вихреобразованием (рис. 1б). В зависимости от режима получения соединения переходная зона может как содержать зоны локальных расплавлений, так эти зоны могут и

отсутствовать. Вне зависимости от того, наблюдается ли волнообразование или нет, регулярна ли форма волн и их амплитуда, в исследуемых нами соединениях наблюдались структурные элементы, свидетельствующие о расплавлении материала вдоль границы (рис. 1а, рис. 2). Показано, что структура расплавленных участков ультрадисперсная (рис. 1в,г, рис.3). В приграничных участках наблюдается рекристаллизованный слой (преимущественно со стороны титана). Наблюдаются также довольно крупные  $\beta$ -зерна в переходной зоне со стороны орторомбического сплава (рис. 3г).



*Рис. 3 Структура расплавленной границы ВТ1-1–ВТ1-0 (ПЭМ): а – ультрадисперсная структура расплавленного слоя (светлая область – орторомбический алюминид); б – микродифракция с участка, представленного на рис. 3а; в – более крупнозернистая (субмикроструктурная) структура; г – крупные зерна  $\beta$ -фазы в переходной зоне.*

***Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ грант № 10-02-00354 и междисциплинарного проекта УрО РАН № 09-М-12-2002***

Список литературы:

1. Лысак В.И., Кузьмин С.В. Сварка взрывом. – М.: Машиностроение, 2005. – 543 с.
2. В.В. Рыбин, Б.А. Гринберг, Иванов М.А. и др. // Деформация и разрушение материалов. 2010. №11. С.27–33.
3. Гринберг Б.А., Иванов М.А., Рыбин В.В. и др. // Деформация и разрушение материалов. 2010. №12. С. 26-34.
4. Гринберг Б.А., Иванов М.А., Рыбин В.В. и др. // Сварка и диагностика. 2010. №6. С. 35-41.