

плакированная сталь имеет высокие механико-прочностные показатели, отличное качество сцепления слоев, в некоторых случаях не требует прокатки [5, 6].

#### Список литературы

1. Российский морской регистр судоходства. Правила классификации и постройки морских судов. Часть II Корпус. Санкт-Петербург 2020 г.
2. Быков А.А. Развитие производства биметаллов / А.А. Быков. - Metallurg. - 2009. - №8. - с. 70-75.
3. Song H., Shin H., Shin Y. Heat-treatment of clad steel plate for application of hull structure //Ocean Engineering. – 2016. – Т. 122. – С. 278 - 287.
4. Харьков О.В., Андрианов В. М. Опыт и перспективы применения биметаллов, полученных сваркой взрывом в судостроении и судоремонте //Ползуновский альманах. – 2017. – №. 1. – С. 91-95.
5. Zhao Z. et al. Microstructural evolutions and mechanical characteristics of Ti/steel clad plates fabricated through cold spray additive //Materials & Design. – 2020. – Т. 185. – С. 108249.
6. Su H. et al. Manufacturing technology and application trends of titanium clad steel plates //Journal of Iron and Steel Research International. – 2015. – Т. 22. – №. 11. – С. 977-982.

### ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ МИКРОСТРУКТУРЫ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА АМг5 ПОСЛЕ ФРИКЦИОННОЙ ПЕРЕМЕШИВАЮЩЕЙ ОБРАБОТКИ С ВВЕДЕННЫМ ПОРОШКОМ ВОЛЬФРАМАТА ЦИРКОНИЯ $ZrW_2O_8$

*А.В. СУДАРИКОВ<sup>1</sup>, А.В. ЧУМАЕВСКИЙ<sup>2</sup>, Е.О. КНЯЖЕВ<sup>2</sup>, Е.А. КОЛУБАЕВ<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>Томский политехнический университет

<sup>2</sup>Институт физики прочности и материаловедения СО РАН

E-mail: [судариков-97@mail.ru](mailto:sудариков-97@mail.ru)

Существенное влияние на формирование поверхностной структуры при фрикционной перемешивающей обработки [1] оказывают введенные в расплав матрицы различные частицы металлов, карбидов, нитридов и оксидов, образуя там композитные структуры и интерметаллидные соединения [2]. Такие соединения модифицируют материал матрицы, вызывая рост механических, трибологических и эксплуатационных свойств.

Вольфрамат циркония  $ZrW_2O_8$  является перспективным материалом благодаря своему изотропному отрицательному коэффициенту теплового расширения, что вызывает большой интерес в исследовании его влияния на микроструктуру поверхности материалов [3]. Фрикционная перемешивающая обработка образцов из алюминиевого сплава АМг5 с равномерно распределенными дорожками в виде отверстий с уплотненным порошком  $ZrW_2O_8$  проводилась на лабораторной установке в Институте физики прочности и материаловедения СО РАН. Обработка поверхности материала осуществлялась в четыре последовательных проходов инструментом. Изображения микроструктуры, полученные на оптическом микроскопе Olympus LEXT OLS4100, представлены на рисунке 1.

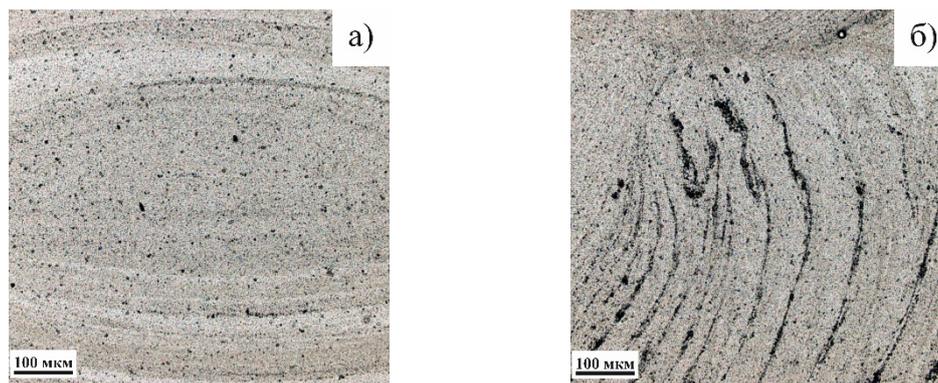


Рисунок 1 – Микроструктура сплава АМг5 с введенным порошком вольфрамата циркония  $ZrW_2O_8$  после четырех проходов инструментом: а – зона перемешивания; б – зона термомеханического влияния (ЗТМВ)

Вследствие динамической рекристаллизации и интенсивного термодинамического воздействия в зоне перемешивания происходит формирование мелкозернистой структуры матрицы с равномерно распределенными по всему объему частицами  $ZrW_2O_8$ . В ЗТМВ при пластическом течении металла в твердом состоянии формируются прослойки агломерирующих частиц порошка. Такие прослойки неразмешанного порошка могут привести к образованию дефектов при эксплуатации изделий. Во избежание этого необходимо произвести дальнейшие исследования по увеличению количества проходов инструментом и оценить их влияние на микроструктуру и образование дефектов в зоне обработки.

*Работа выполнена в рамках государственного задания ИФПМ СО РАН, тема номер FWRW-2021-0012.*

#### Список литературы

1. Баджакке П.А. и соавт. Обработка трением с перемешиванием: новый метод инженерии поверхности // Инженерия поверхности современных материалов. – Спрингер, Чам, 2020. – С. 1-31.
2. Чумаевский А. В. и др. Закономерности деформации, фрагментации и пластического течения в монокристаллах меди М1 при фрикционной перемешивающей сварке и сухом трении //Физическая мезомеханика. Материалы с многоуровневой иерархически организованной структурой и интеллектуальные производственные технологии. – 2021. – С. 331-331.
3. Шадрин В. С., Кульков С. Н. Исследование формирования интерметаллидов в алюминии при его спекании с вольфраматом циркония //Перспективные материалы. – 2016. – №. 11. – С. 48-54.