

ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЕ ОКИСЛЕНИЕ И МЕХАНИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ ЛАЗЕРНЫХ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ИЗ СПЛАВА Э110 С ХРОМОВЫМ ПОКРЫТИЕМ.

Д. А. Ашихмин*, студент гр. 0А05,

К. С. Гусев, студент гр. 0Б91,

Е. Б. Кашкаров, к.ф.-м.н., доц.,

Д. В. Сиделёв, к.т.н., доц.

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

*E-mail: daa39@tpu.ru

Циркониевые сплавы используются в качестве основного конструкционного материала тепловыделяющих сборок водо-водяных энергетических реакторов благодаря соответствию их механических свойств, радиационной стойкости, стойкости к окислению при нормальных условиях эксплуатации (360 °С, 18,6 МПа) материалам активной зоны. Однако в условиях аварии на ядерном реакторе возможен нагрев его активной зоны, приводящий к окислению и последующему разрушению ответственных элементов, выполненных из Zr сплавов. Особое внимание следует уделить сварным соединениям, т.к. процесс их окисления проходит с большей скоростью [1,2]. Настоящая работа направлена на изучение стойкости лазерных сварных соединений циркониевого сплава Э110 с хромовым покрытием к высокотемпературному окислению и их механических свойств.

Выполнено осаждение Cr покрытий на поверхность лазерных швов методом магнетронного распыления, произведено их окисление на воздухе при температуре 1100 °С в течение 2, 10, 30, 45, 60 и 90 мин. На основе измеренных значений массы до и после окисления был рассчитан коррозионный привес образцов (рис. 1).

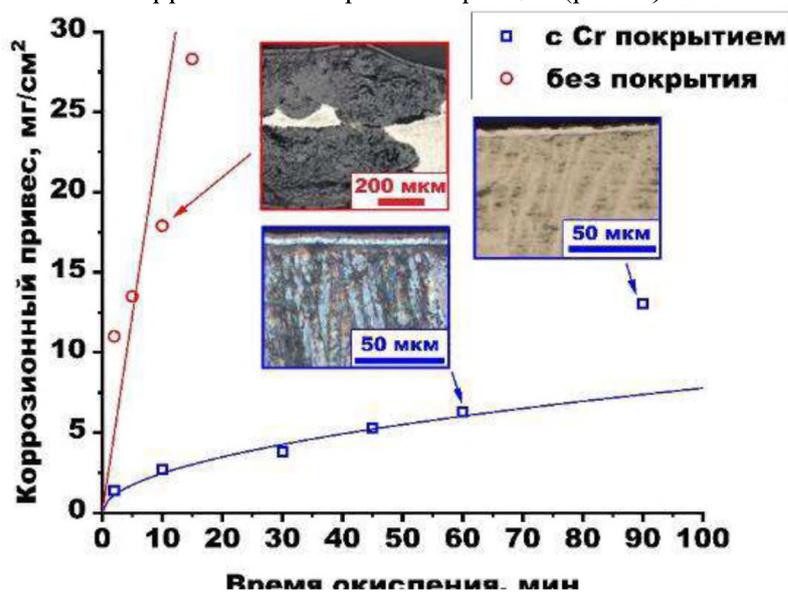


Рисунок 1. Зависимость коррозионного привеса лазерных швов от времени окисления. Приведены оптические изображения микроструктуры поперечного сечения образцов.

С помощью оптической микроскопии выполнен анализ микроструктуры поперечного сечения лазерных швов. Установлено, что Cr покрытие повышает стойкость лазерных швов к высокотемпературному окислению в течение не менее 90 минут. Значения коррозионного привеса образцов без покрытия при длительности окисления 2 и 10 мин значительно превышают значения для образцов с Cr покрытием. Измерена твёрдость в различных зонах (зоне объёмного сплава, зоне термического воздействия (ЗТВ) и зоне сварного шва). На основании полученных данных построен график зависимости твёрдости

образцов от времени их окисления (рис. 2, а). Выполнены испытания швов на трёхточечный изгиб, и построены кривые зависимости «нагрузка-перемещение» (рис. 2, б). Образец без покрытия после окисления в течение 2 мин треснул при нагрузке ~0,8 кгс, образцы с Cr покрытиями имели поведение, типичное для пластичных материалов. Продемонстрировано упрочнение сварных соединений из Zr сплава с Cr покрытием после их окисления.

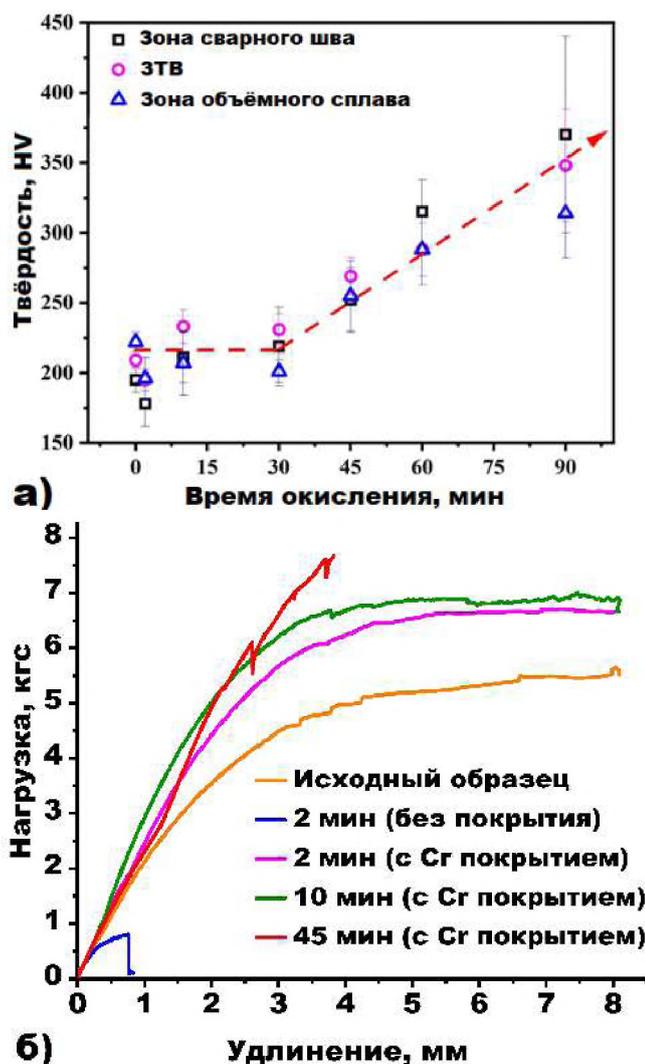


Рисунок 2. Твёрдость лазерных швов в различных зонах в зависимости от времени окисления (а) и данные «нагрузка-перемещение» (б) при трёхточечном изгибе швов.

Показано, что Cr покрытие повышает стойкость к окислению лазерных швов из циркониевого сплава Э110. Изменение микроструктуры швов в поперечном сечении, обусловленное формированием α -Zr(O), приводит к упрочнению сварного соединения.

Исследование выполнено при поддержке Российского научного фонда, проект №19-79-10116.

Список литературы:

1. Sidelev D.V., Kashkarov E.B., Grudin V.A., Krinitcyn M.G. // High-temperature oxidation of Cr-coated laser beam welds made from E110 zirconium alloy, Corrosion Science, 195, (2022) 110018, <https://doi.org/10.1016/j.corsci.2021.110018>

2. Tao, W.; Cai, C.; Li, L.; Chen, Y.; Ling Wang, Y. // Pulsed laser spot welding of intersection points for Zircaloy-4 spacer grid assembly, Mater. Des. 2013, 52, 487-494.
<https://doi.org/10.1016/j.matdes.2013.05.037>