

УДК 621.791.92:620.03

## СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЕ И КОРРОЗИОННАЯ СТОЙКОСТЬ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В ПРИСУТСТВИИ НАНОМОДИФИКАТОРОВ

М. А. КУЗНЕЦОВ, Е. А. ЗЕРНИН, \*В. И. ДАНИЛОВ, \*Г. В. ШЛЯХОВА  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение

высшего образования

«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ  
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ЮРГИНСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (филиал)

\*«ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ПРОЧНОСТИ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ СО РАН»

Юрга, Томск, Россия

На практике для управления структурированием и механическими свойствами сварных соединений [1] используется намеренное введение в расплав тугоплавких частиц для увеличения числа центров индуцированной кристаллизации, которое приводит к измельчению зерна при затвердевании. Такой прием применяется и для измельчения структурных составляющих наплавляемого металла [2]. Введение непосредственно в сварочную ванну нанодисперсных металлических и неметаллических порошков-модификаторов повышает эффект управления микроструктурой.

В сварных соединениях коррозионно-стойких сталей, вследствие высокой электрохимической гетерогенности, обусловленной неоднородностью химического состава металла шва, структуры, свойств и напряженного состояния происходят наиболее интенсивные коррозионные разрушения, по сравнению с основным металлом. Основные трудности свариваемости данных сталей обусловлены многокомпонентностью их легирования и разнообразием условий эксплуатации сварных конструкций. Главной и общей особенностью сварки является склонность к образованию в металле шва и околошовной зоне горячих трещин, имеющих межкристаллитный характер [3]. Для повышения стойкости сварных соединений по отношению к коррозионному износу, необходимо применять комплексный подход, включающий создание и освоение новых методов восстановления работоспособности оборудования [4–6].

В данной работе для проведения исследований использовались наномодификаторы ( $Al_2O_3$ , W, Mo), полученные методом ЭВП [7]. В состав экспериментальной установки входили: сварочная головка ГСП-2, укомплектованная устройством [8]; источник питания ВС-300Б. Для наплавки образцов из стали 12X18H10T применяли сварочную проволоку 12X18H9T диаметром 1,2 мм.

Анализ исследования показал, что наплавленный металл можно разделить на три слоя, структура которых существенно различна (слой полиэдрических зерен, слой неориентированных дендритов, слой ориентированных дендритов). Процесс травления происходил не по

границам зерен, а по всей плоскости зерен. Оценка склонности к межкристаллитной коррозии производилась путем определения количества зерен с четко выявленными границами, ширина которых могла достигать 30 мкм.

**Выводы.**

1. Наиболее четко слой полиэдрических зерен наблюдается в образце с добавлением наномодификатора W. Слой ориентированных дендритов в образцах с добавлением W и  $Al_2O_3$  занимает меньше половины толщины наплавленного металла. Слой неориентированных дендритов наиболее широк в образце с добавлением  $Al_2O_3$ . Более равновесная структура по размеру дендрита достигается с применением наноструктурированного порошка  $Al_2O_3$ .

2. Природа наномодификаторов влияет на коррозионную стойкость сварных соединений. Самые коррозионностойкие образцы получены при использовании наномодификаторов Mo и W. Самые тонкие границы зерен были обнаружены у образца, в который при сварке добавлялся наномодификатор W.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Соколов, Г. Н.** Влияние нанодисперсных карбидов WC и никеля на структуру и свойства наплавленного металла / Г. Н. Соколов, А. С. Трошков, И. В. Лысак // Сварка и диагностика. – 2011. – № 3. Материаловедение. – С. 36–38.
2. **Соколов, Г. Н.** Модифицирование структуры наплавленного металла нанодисперсными карбидами вольфрама / Г. Н. Соколов, И. В. Лысак, А. С. Трошков // Физика и химия обработки материалов. – 2009. – № 6. – С. 41–47.
3. **Коломийцев, Е. В.** Коррозионно усталостная прочность тавровых соединений стали 12X18H10T и методы ее повышения / Е. В. Коломийцев // Автоматическая сварка. – 2012. – № 12. – С. 41–43.
4. **Сараев, Ю. Н.** Оценка производительности и качества выполнения ремонтно-восстановительных работ оборудования из стали типа 12X18H10T / Ю. Н. Сараев, Ю. В. Селиванов // Сварочное производство. – 2011. – № 1. – С. 17–22.
5. **Александров, А. Г.** Коррозионная стойкость сварных соединений хромоникелевых сталей в щелочных средах (обзор) / А. Г. Александров // Сварочное производство. – 1990. – № 5. – С. 12–13.
6. **Сафонов, А. Н.** Структура и коррозионная стойкость сварных соединений сталей аустенитного класса после лазерной обработки поверхности / А. Н. Сафонов, Р. Д. Радченко // Сварочное производство. – 1998. – № 7. – С. 5–9.
7. **Яворовский, Н. А.** Получение ультрадисперсных порошков методом электрического взрыва / Н. А. Яворский // Изв. вузов. Физика. – 1996. – № 4. – С. 114–136.
8. Application of nanostructured powders to control characteristic of electrode metal transfer and the process of weld structurization / M. A. Kuznetsov // Applied Mechanics and Materials. – 2013. – Vol. 379. – P. 199–203.