ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

INTERNATIONAL WORKSHOP

**«Multiscale Biomechanics and Tribology
of Inorganic and Organic Systems»**

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

**«Перспективные материалы с иерархической структурой
для новых технологий и надежных конструкций»**

**VIII ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ
КОНФЕРЕНЦИЯ С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ,
ПОСВЯЩЕННАЯ 50-ЛЕТИЮ ОСНОВАНИЯ
ИНСТИТУТА ХИМИИ НЕФТИ**

«Добыча, подготовка, транспорт нефти и газа»

DOI: 10.17223/9785946218412/395

СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЕВ СТАЛИ 12Х18Н9Т ПОСЛЕ ЛЕГИРОВАНИЯ БОРОМ И МЕ(Cr, Ni, Fe) ПРИ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ ОБРАБОТКЕ

Бушуева Е. Г., Рябинкина П.А., Батаев В.А.

Новосибирский государственный технический университет, г. Новосибирск

Хромоникелевые аустенитные стали находят широкое применение во многих областях промышленности в качестве конструкционных и инструментальных материалов благодаря благоприятному сочетанию комплекса свойств, такие как - высокая устойчивость к коррозии, технологичность, жаростойкость, относительная дешевизна. Также эти стали популярны в аддитивном производстве и используются в виде порошков. Микроструктура изделий из данных сталей, полученных методами аддитивного производства, состоит из γ -аустенита и δ -феррита. Основными способами получения изделий являются технологии, основанные на плавлении порошка с использованием высокоэнергетических источников. Однако аддитивное производство изделий из железоуглеродистых сплавов столкнулось с рядом проблем. Так, например, основной элемент нержавеющей стали – железо, и ее первичный легирующий элемент – хром, имеют высокое сродство к кислороду, что приводит к значительному окислению при нормальных условиях обработки [1]. Такое окисление приводит к возникновению явлений комкования из-за присутствия загрязняющих оксидных слоев на поверхности расплава [2]. Чаще всего для формирования стальных изделий используется метод лазерного спекания. Однако готовые изделия характеризуются повышенной пористостью [3,4]. Микроструктура деталей гетерогенна, не имеет эпитаксиальной морфологии и содержит тонкие карбидные сетки. Наиболее благоприятная микроструктура может быть сформирована при селективном лазерном спекании [2] или методом электроннолучевого плавления [5, 6, 7].

Также следует отметить, что существенным недостатком стали данного класса является низкое сопротивление воздействию абразивных частиц. Поэтому изделия, сформированные из этой стали при использовании аддитивных технологий могут иметь низкую износостойкость.

Следовательно, целью исследования может быть изучение влияния технологии получения материала на основе стали 12Х18Н9Т, в частности электронно-лучевая обработка, на качество, структуру, износостойкость свойства.

Результаты металлографических исследований образцов показали, что при использовании разных смачивающих компонентов структура покрытия значительно отличается.

Результаты металлографических исследований свидетельствуют о высоком качестве сформированных покрытий. В структуре модифицированных слоев отсутствуют дефекты в виде пор, газовых раковин, трещин, встречающиеся при реализации металлургических процессов в ходе наплавки. Установлено, что с увеличением тока пучка электронов от 22 до 24 мА толщина покрытия увеличивается от 2,3 до 3 мм.

При наплавке порошка аморфного бора в поверхностных слоях хромоникелевой аустенитной стали формируются покрытия с расположением боридов в пластинчатой эвтектике, содержание которой разное при изменении смачивающего компонента. Минимальное количество при использовании железа (доля эвтектики около 10%), максимальное при использовании никеля (80%). Данная структура, состоящая из пластин высокопрочных боридов хрома и пластичного γ -твердого раствора на основе железа способствует повышению жаростойкости наплавленных слоев, и износостойкости. Рентгенофазовый анализ подтверждает металлографические исследования.

Результаты исследования микротвердости сформированных покрытий показывают различие в микротвердости смежных микрообъемов упрочненного слоя превышает ~600 МПа.

Секция 8. Сварка, родственные процессы и технологии для создания технических систем ответственного и специального назначения, в том числе для эксплуатации в экстремальных условиях и низких климатических температур Арктики и Крайнего Севера

Максимальная микротвердость (1200 МПа) характерна для покрытий, наплавленных при использовании железа в качестве смачивающего компонента, минимальная (700 МПа) для никеля. Это объясняется значительным увеличением доли эвтектики в структуре покрытия.

Формирование плотного боридного слоя на поверхности хромоникелевой стали благоприятно отражается на поведении материала в процессе изнашивания. При изнашивании в условиях воздействия закрепленных частиц абразива зафиксировано повышение износостойкости наплавленных покрытий в 2-5 раза, в зависимости от смачивающего компонента, по сравнению с износостойкостью основного металла.

Вневакуумная электронно-лучевая наплавка борсодержащих порошковых смесей и разных смачивающих компонентов на хромоникелевую аустенитную сталь 12X18H9T позволяет сформировать износостойкие покрытия толщиной до 3мм. В условиях воздействия закрепленными частицами абразива относительная износостойкость упрочненных слоев в 2-5 раза превышает износостойкость хромоникелевой стали 12X18H9T. Наилучшие показатели характерны для покрытий, полученных при наплавке с использованием железа в качестве смачивающего компонента.

Работа выполнена при финансовой поддержке государства в лице Минобрнауки России (Соглашение № 14.610.21.0013, идентификатор проекта RFMEFI61017X0013).

1. Das S. Physical Aspects of Process Control in Selective Laser Sintering of Metals // *Advanced Engineering Materials*. – 2003. – Vol. 5, iss. 10. – P. 701-711
2. Gu D., Shen Y. Balling phenomena in direct laser sintering of stainless steel powder: Metallurgical mechanisms and control methods // *Mater. Design*. – 2009. – Vol. 30, iss. 8. – P. 2903-2910
3. Investigation on multi-layer direct metal laser sintering of 316L stainless steel powder beds / W. O'Neill, C.J. Sutcliffe, R. Morgan, A. Landsborough, K.K.B. Hon // *CIRP Annals - Manufacturing Technology*. – 1999. – Vol. 48, iss. 1. – P. 151-154
4. Simchi A., Pohl H. Effects of laser sintering processing parameters on the microstructure and densification of iron powder // *Mat. Sci. Eng. A*. – 2003. – Vol. 359, iss. 1-2. – P. 119-128
5. Additive manufacturing of 316L stainless steel by electron beam melting for nuclear fusion applications / Y. Zhong, L.E. Rännar, L. Liu, A. Koptug, S. Wikman, J. Olsen, D. Cui, Z. Shen // *Journal of Nuclear Materials*. – 2017. – Vol. 486, iss. – P. 234-245
6. Wanjara P., Brochu M., Jahazi M. Electron beam freeforming of stainless steel using solid wire feed // *Mater. Design*. – 2007. – Vol. 28, iss. 8. – P. 2278-2286
7. Almangour B., Grzesiak D., Yang J.M. Rapid fabrication of bulk-form TiB₂/316L stainless steel nanocomposites with novel reinforcement architecture and improved performance by selective laser melting // *J. Alloy. Compd*. – 2016. – Vol. 680, iss. – P. 480-493