

СТРУКТУРА И СВОЙСТВА АНТИФРИКЦИОННОГО БЕСПОРИСТОГО ПОКРЫТИЯ, ПОЛУЧЕННОГО ПРИ НАПЛАВКЕ ЭЛЕКТРОННЫМ ЛУЧОМ В ВОЗДУШНОЙ АТМОСФЕРЕ МЕДЬСОДЕРЖАЩИХ ПОРОШКОВЫХ СМЕСЕЙ НА СТАЛЬ

Т.А. ЗИМОГЛЯДОВА, Н.В. СТЕПАНОВА, К.И. ЭМУРЛАЕВ, Г.И. АЛФЕРОВА

Новосибирский государственный технический университет

E-mail: stepanova@corp.nstu.ru

Данная работа направлена на разработку технологии получения беспористого антифрикционного покрытия с применением нового, высокопроизводительного экономичного способа, основанного на использовании промышленных ускорителей электронов, генерирующих релятивистские электронные пучки в диапазоне энергий 1 - 2 МэВ [1]. Производство данных ускорителей налажено в Институте ядерной физики СО РАН. При реализации данной технологии сфокусированный релятивистский пучок с помощью специального устройства выпускается в атмосферу. Перед обработкой пучком электронов на поверхность стального листа наносится смесь порошков легирующих компонентов, железа и флюса.

В ранее проведенных исследованиях проанализировано влияние меди на литую структуру, механические и антифрикционные свойства сталей и чугунов [2, 3]. Было выявлено, что при легировании железоуглеродистых сплавов медью повышается твердость, предел прочности и износостойкость материала, а также снижается коэффициент трения скольжения. Повышение механических свойств материала при легировании медью вызвано малой растворимостью меди в железе, из-за чего медь выделяется в виде фазы ϵ -Cu, имеющей широкий диапазон размеров от 20 нм до нескольких сантиметров [3]. В работе проведены эксперименты по получению беспористого антифрикционного покрытия на заготовки из стали, путем поверхностного легирования медью и углеродом с использованием промышленного ускорителя электронов типа ЭЛВ-6.

Для оценки влияния меди на структуру беспористых покрытий была наплавлена смесь, состоящая из порошков меди 15 вес. %, углерода 25 вес. %, железа 10 вес. % и флюса MgF_2 (50 вес. %). Флюс способствовал однородному плавлению материалов и защищал их от негативного воздействия атмосферных газов в процессе обработки. Обработка проводилась по следующим режимам: энергия пучка электронов составляла 1,4 МэВ, скорость перемещения образцов – 10 мм/с, расстояние от выпускного отверстия до обрабатываемой заготовки – 90 мм, частота сканирования пучка – 50 Гц, ток пучка – 22 мА. Для проведения структурных исследований был использован микроскоп Carl Zeiss Axio Observer A1m растровый электронный микроскоп Carl Zeiss EVO 50 XVP. Твердость по Виккерсу оценивали на микротвердомере Wolpert Group 402MVD. Фазовый анализ полученных сплавов исследовали с использованием рентгеновского θ - θ дифрактометра ARL X'TRA. Износостойкость материалов в условиях трения скольжения определяли на машине трения СМТ-1 при реализации схемы диск – плоскость.

Наплавка электронным лучом в воздушной атмосфере порошковой смеси меди и углерода на сталь 20 является эффективным способом получения беспористого антифрикционного покрытия толщиной 1...1,5 мм. Пор в наплавленном слое обнаружено не было. Содержание меди в наплавленном слое составило 4 %. После вневакуумной электронно-лучевой наплавки в структуре образца наблюдаются три характерные зоны. Первая зона представляет собой наплавленный слой. Вблизи поверхности структура наплавленного слоя состоит из ледебурита и мелкодисперсного перлита (рисунок 1 а, б). В процессе наплавки электронным лучом скорость охлаждения настолько велика, что структура перлита становится возможным оценить только методами растровой электронной микроскопии (рисунок б, д). Вблизи основного металла структура покрытия меняется, и состоит уже из пластинок первичного цементита и мелкодисперсного перлита (рисунок в, г).

Вторая зона является зоной термического влияния, содержащая колонии перлита и зерна видманштеттова феррита (нижняя часть рисунка 1 в). Третьей зоне соответствует неизменная структура стали 20 в исходном состоянии. Глубина наплавленных слоев составляет 1...1,5 мм.

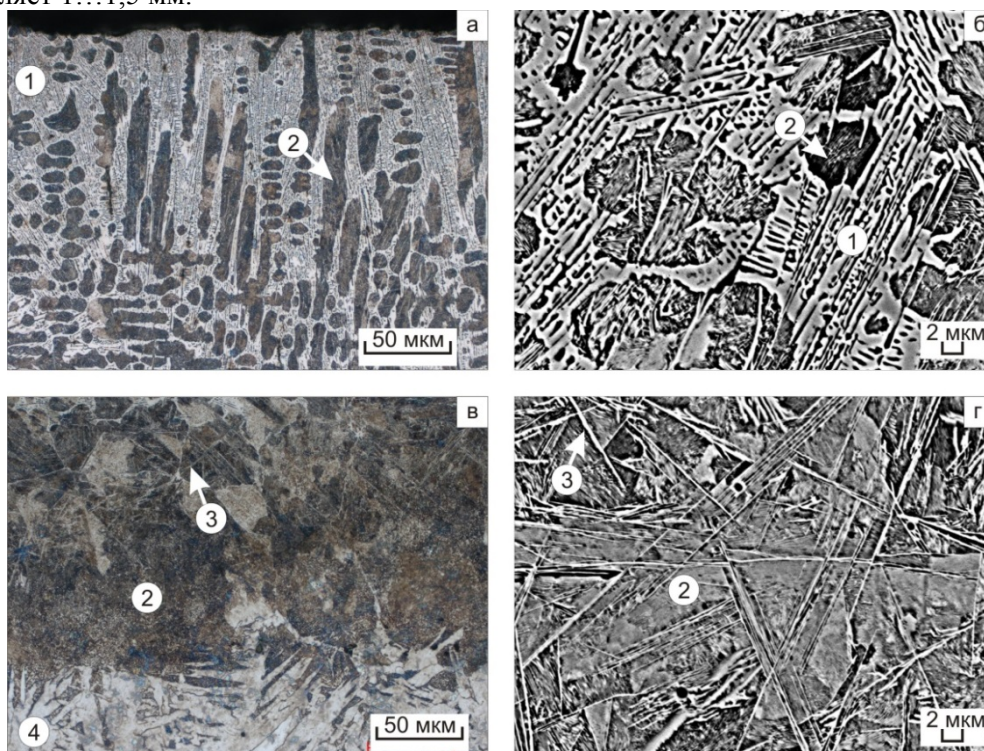


Рисунок 1 - Структура наплавленного слоя возле поверхности (а, б) и возле основного материала (в, г). 1 – ледебурит, 2 – перлит, 3 – первичный цементит

Один из использованных в работе методов оценки структурных преобразований, обусловленных наплавкой порошковой смеси меди и углерода был основан на проведении рентгеноструктурного анализа образцов. Выявлено наличие таких фаз, как феррит, цементит и ϵ -Cu. Эти данные согласуются с результатами структурных исследований.

Изменение структуры, произошедшее в результате наплавки порошковой смеси , содержащей медь и углерод на сталь 20 приводит к увеличению твердости наплавленного слоя в 4,5 раза (650...750 HV у покрытия против 150 HV у материала основы). Как следствие, износостойкость наплавки в условиях трения скольжения в 12,3 раза выше, чем у материала основы, в качестве которого выступала сталь 20.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект №15-19-00230).

Список литературы

1. Structure and tribological properties of steel after non-vacuum electron beam cladding of Ti, Mo and graphite powders / I.A. Bataev, D.O. Mul, A.A. Bataev, O.G. Lenivtseva, M.G. Golkovski, Ya.S. Lizunkova, R.A. Dostovalov // *Materials Characterization*. - 2016. - Vol. 112. - P. 60-67.
2. Stepanova, N. V. The effect of doping with copper and aluminium on structure, mechanical and friction properties of steel / N. V. Stepanova, A. A. Razumakov // *The 8 international forum on strategic technologies (IFOST 2013) : Proc., Mongolia, Ulaanbaatar, 28 June – 1 July 2013. – Ulaanbaatar. – 2013. – Vol. 1. – P. 240 – 242.*
3. Stepanova, N. V. Structure and mechanical Properties of Cu–alloyed cast iron / N. V. Stepanova, A. A. Razumakov, E. A. Lozhkina // *Applied Mechanics and Materials*. – 2014. – Vol. 682. – P. 178 – 182.