

УДК 669.112.227.34

DOI: 10.17223/00213411/62/10/39

Н.А. ПОПОВА¹, А.И. ПОТЕКАЕВ^{2,3}, Е.Л. НИКОНЕНКО^{1,4}, А.А. КЛОПOTOV¹,
Л.Б. БАЯТАНОВА⁵, А.В. НИКОНЕНКО⁶, С.Б. КИСЛИЦИН⁷

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОЛИТНО-ПЛАЗМЕННОЙ ОБРАБОТКИ НА ФАЗОВЫЙ СОСТАВ И ТОНКУЮ СТРУКТУРУ ПОВЕРХНОСТИ И ПРИПОВЕРХНОСТНОЙ ЗОНЫ СТАЛИ *

Методом просвечивающей дифракционной электронной микроскопии на тонких фольгах проведено исследование изменений фазового состава и тонкой структуры, происходящих в стали 18ХНЗМА при электролитно-плазменном воздействии, которое осуществлялось путем поверхностного насыщения азотом и углеродом. Исследование проведено до и после нитроцементации на поверхности и на глубине ~ 40 мкм. Установлено, что нитроцементация привела к существенным качественным и количественным изменениям в структуре. После нитроцементации в приповерхностной зоне по границам мартенситных пластин присутствуют прослойки остаточного аустенита, внутри пластин – частицы легированного цементита и карбонитридов. На глубине ~ 40 мкм по границам всех мартенситных кристаллов – прослойки остаточного аустенита, внутри – только частицы легированного цементита и карбонитрида $M_{23}(C, N)_6$. Управляющим параметром структурно-фазовых изменений является концентрация атомов внедрения углерода и азота, изменения которой приводит к отклонению системы от состояния термодинамического равновесия. При этом переход системы в равновесное или квазиравновесное термодинамические состояния, как можно понимать, реализуется через переходы кристаллических решеток, формирующих градиентное структурно-фазовое состояние матрицы, интерметаллидов и карбонитридных соединений в слабоустойчивое состояние.

Ключевые слова: сталь, нитроцементация, перлит, феррит, пакетный и пластинчатый мартенсит, остаточный аустенит, легированный цементит, карбонитриды.

Введение

В настоящее время требования к повышению надежности и долговечности конструкционных материалов становятся более жесткими. Известно, что увеличить эксплуатационную стойкость можно при использовании упрочнения стали в результате химико-термической обработки (ХТО). Наряду с традиционной ХТО применяются новые методы, одним из которых является электролитно-плазменная обработка (ЭПО) [1]. Сущность ЭПО заключается в нагреве обрабатываемой детали (катода) в водных растворах (электролитах). Упрочнение осуществляется путем периодического нагрева и охлаждения поверхности упрочняемого образца в слое плазмы, создаваемом между жидким электродом (электролитом) и поверхностью катода (образцом). В зависимости от состава электролита ЭПО может представлять цементацию, азотирование и нитроцементацию [2]. По своей сути, цементация – это насыщение обрабатываемой поверхности углеродом с последующим изменением фазового состава и структуры материала. Азотирование – это насыщение поверхностных слоев в содержащей азот при пониженном давлении плазме. Более сложный процесс – нитроцементация включает поверхностное насыщение стали одновременно углеродом и азотом [1, 3].

Установлено, что ЭПО, как и ХТО, изменяет как структуру материала, так и химический состав поверхностных (модифицированных) слоев [4–6] и осуществляется в результате диффузионного насыщения сплава неметаллами (С, N) при определенной температуре в активной насыщающей среде. ЭПО основана на поверхностном обогащении и включает в себя три одновременно идущих процесса: 1) образование во внешней среде диффундирующего элемента в активном атомарном состоянии (углерода, азота или углерода и азота); 2) контактирование активных атомов диффундирующего элемента с поверхностью металла, адсорбция атомов и поглощение части этих атомов с установлением химических связей с атомами металла (абсорбция); 3) диффузия – проникновение в глубь металла адсорбированных атомов.

В процессе ЭПО, вследствие теплового движения, адсорбированные атомы углерода и азота не накапливаются в поверхностном слое, а диффундируют в глубь металла. По мере накопления атомов диффундирующего элемента на поверхности в начальный период это приводит к образованию в поверхностном слое твердого раствора с градиентом концентраций. Достижение предельной растворимости элемента в этом твердом растворе приводит к отклонению системы из состоя-

* В статье использованы результаты, полученные при поддержке программы целевого финансирования МОН РК № BR05236400.

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>