

УДК 621.785.532

## ИССЛЕДОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ЖЕЛЕЗА ПРИ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОМ АЗОТИРОВАНИИ

Макаров Иван Николаевич

*Магистрант 2 года,  
кафедра «Материаловедение»  
Московский государственный технический университет*

*Научный руководитель: Смирнов Андрей Евгеньевич,  
кандидат технических наук, доцент кафедры «Материаловедение»*

Азотирование как метод упрочнения сталей остаётся эффективным способом повышения эксплуатационных свойств деталей, работающих при контактных нагрузках и циклическом нагружении. Высокотемпературное азотирование в вакууме позволяет тонко контролировать поток диффузии азота в сталь, снизить расход газа, повысить воспроизводимость результатов [1, 2].

Для проведения высокотемпературного азотирования в серийном и массовом масштабах требуется установление критических точек, а также определение особенностей протекания диффузии. Поэтому в качестве материала для обработки выбрано технически чистое железо, чтобы исключить влияние углерода и легирующих элементов на диффузию на данном этапе. Азотирование проводилось при температуре 740 °С в низком вакууме 10,7 кПа с разным временем выдержки в рабочем газе – аммиаке, расход  $6 \cdot 10^{-3}$  м<sup>3</sup>/ч.

С помощью рентгенофазового анализа определена доля азотсодержащих фаз на приповерхностной глубине порядка 10 мкм, а также доля содержания азота. Поверхностный слой диффузионной зоны состоит из фаз  $\epsilon$  (твёрдый раствор на основе Fe<sub>2-3</sub>N) и  $\gamma'$  (твёрдый раствор на основе Fe<sub>4</sub>N) [3].

Обнаружена тенденция к некоторому снижению содержания азота и азотсодержащих фаз на поверхности при увеличении времени насыщения, что нехарактерно для классического азотирования. Данные также коррелируют с результатами анализа, полученными с помощью сканирующей электронной микроскопии и оптической микроскопии.

Толщина видимого оптическими методами диффузионного слоя также уменьшается, однако при длительном времени насыщения (40 мин) заметно увеличение при фактическом снижении доли азота. Эффект связан с возникновением градиента распределения фаз по глубине, взаимной диффузии фаз по границам, диффузии азота вглубь материала.

Причина тенденции объясняется деазотированием, т.е. десорбцией в результате вакуумного влияния. Подобное явление проявляется при проведении химико-термической обработки в тлеющем разряде, ионных методах. Существенно возрастает подвижность атомов при повышении температуры и увеличении диффузионного потока в сторону десорбции при пониженном давлении и низкой концентрации газа в рабочей атмосфере.

### Литература

1. Смирнов А. Е., Семенов М. Ю. Применение вакуумной термической и химико-термической обработки для упрочнения тяжело нагруженных деталей машин, приборов и инструмента //Машиностроение и компьютерные технологии. – 2014. – №. 2. – С. 343-359.

2. Шлис Х. Й., Ле Т. Х., Бирманн Х. Контролируемое азотирование //Металловедение и термическая обработка металлов. – 2004. – №. 7. – С. 7-11.
  3. Чаттерджи-Фишер Р., Эйзель Ф. В. и др. Азотирование и карбонитрирование: Пер. с нем. / Под ред. А. В. Супова. М.: Metallurgiya, 1990. 279 с.
-