

**ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА СМЕЩЕНИЯ НА СВОЙСТВА
СТАЛИ 40X13 ПРИ ИОННО-ПЛАЗМЕННОМ АЗОТИРОВАНИИ В
ВЫСОКОЧАСТОТНОМ РАЗРЯДЕ**

*Д.В. Сиделёв, к.т.н., доц.,
Е.Д. Воронина, студент гр.0А8Б
Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина,30,
E-mail: edv2@tpu.ru*

Методы химико-термической обработки материалов позволяют получать модифицированный поверхностный слой с улучшенными функциональными и механическими характеристиками. Среди таких методов выделяют цементацию, цианирование и азотирование, последнее является наиболее распространенным и эффективным инструментом для модификации поверхности изделий. Особое внимание уделяется процессу ионно-плазменного азотирования в связи с его высокой производительностью, повторяемостью и стабильностью получаемых характеристик модифицированной поверхности [1]. Однако остаётся нерешённой проблема изменения морфологии поверхности обрабатываемых материалов, что играет ключевую роль при применении изделий после азотирования в качестве деталей машин (болтов, пружин, зубчатых колес), в особенности, для режущего инструмента [2]. Настоящая работа посвящена анализу влияния электрического потенциала смещения на свойства стали 40x13 при ионно-плазменном азотировании в высокочастотном (ВЧ) разряде.

В качестве исходного материала была выбрана аустенитная сталь 40x13 как одна из наиболее используемых марок сталей для азотирования. Процесс проводился на установке ионно-плазменной обработки поверхности изделий, разработанной в НОЦ Б.П. Вейнберга Томского политехнического университета.

Исследование влияния электрического потенциала смещения подложки в процессе ионно-плазменного азотирования проводили при постоянном рабочем давлении 0,8 Па и температуре азотирования 470 °С. Модифицированный слой на образцах формировали изотермически в течение 30 мин при потенциалах смещения -20, -40, -60 и -80 В. Рабочая газовая смесь содержала Ar, N₂ и H₂ в соотношении как 4:2:1.

Исследование кристаллической структуры азотированных образцов методом рентгеновской дифракции показало наличие твердых растворов на базе нитрида железа (ϵ -Fe₂₋₃N, γ' -Fe₄N) и твёрдых растворов α_N и γ_N -Fe с азотом во всех образцах после азотирования. Начиная с потенциала смещения -40 В и при большей величине, в образцах обнаружено выпадение осадка нитрида хрома. Анализ толщины диффузионного слоя показал, что он увеличивается при росте величины потенциала смещения и достигает максимума при смещении -60 В. Повышение электрического потенциала смещения приводит к увеличению энергии бомбардирующих ионов и, соответственно, повышается число дефектов поверхности за счёт её распыления. Это, в свою очередь, вызывает повышение скорости диффузии азота [3]. С другой стороны, распыление азотируемой поверхности приводит к уменьшению толщины азотируемого слоя при повышении потенциала смещения до -80 В и далее.

Измерения микротвёрдости образцов по их поперечному сечению продемонстрировали, что она увеличилась в 7 раз (до ~1400 HV) по сравнению со сталью, не подвергавшейся азотированию (~200 HV). Причём толщина поверхностного слоя стали 40x13 с увеличенной микротвёрдостью после азотирования соответствовала глубине азотированного слоя, определённой с помощью оптической микроскопии.

Ключевой вопрос данной работы состоял в изменении шероховатости поверхности в результате ионно-плазменного азотирования в плазме высокочастотного разряда. Как видно

из рис. 1 параметры шероховатости (R_a и R_z) увеличились после процесса азотирования поверхности примерно на один порядок.

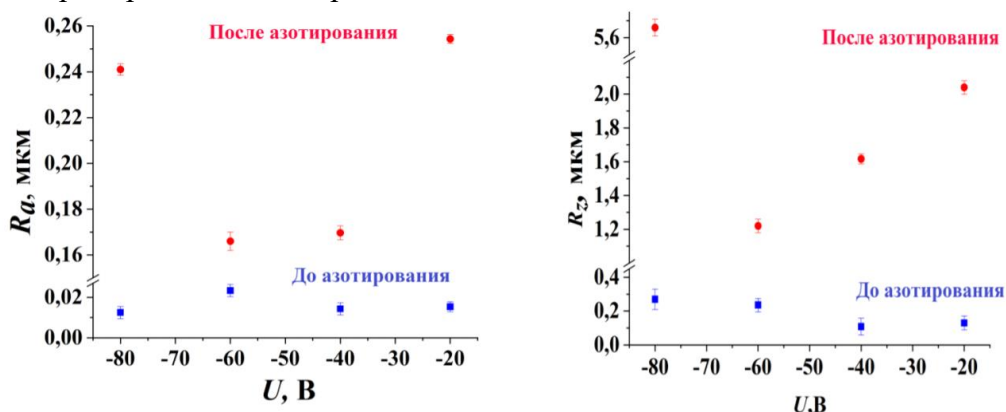


Рис. 1. Зависимость R_a (слева) и R_z (справа) от величины потенциала смещения после ВЧ азотирования.

Параметры R_a и R_z имеют нелинейную зависимость от потенциала смещения. Рост шероховатости связан как с распылением поверхности образцов ионами, ускорение которых регулируется потенциалом смещения, так и с формированием пористой структурой в результате азотирования.

Азотирование способствует увеличению износостойкости поверхности стали 40х13 (рис. 2) Наибольшая износостойкость была получена при потенциале смещения -80 В вследствие преобладания в кристаллической структуре твёрдых фаз α_N -Fe и γ_N -Fe, а также за счёт повышения количества фазы CrN в образцах.

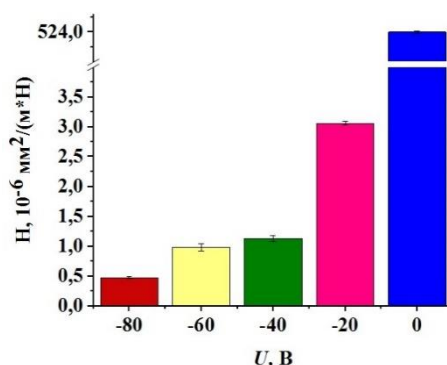


Рис. 2. Износ образцов при различных величинах потенциала смещения.

Таким образом, показано, что ионно-плазменное азотирование в высокочастотном разряде способствует улучшению износостойкости и микротвёрдости поверхности. Регулирование величины электрического потенциала смещения помогает минимизировать изменение морфологии поверхности.

Список литературы:

1. Берлин Е.В., Коваль Н.Н., Сейдман Л.А. Плазменная химико-термическая обработка поверхности стальных деталей. М.: Техносфера, 2012 – 464 с.
2. Лукьянова В. О., Пичхидзе С. Я. Улучшение физико-механических свойств поверхности нержавеющей медицинской стали методом азотирования // Перспективные материалы. – 2018. – №. 1. – С. 60-65.
3. Бокштейн С.З. Диффузия и структура металлов. – М.: Металлургия, 1973. – 208 с.