

УДК 53.084.823

АЗОТИРОВАНИЕ СТАЛИ 316L

Святослав Андреевич Лямин⁽¹⁾

Студент 4 курса⁽¹⁾,

кафедра «Материаловедение»

Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана

Научный руководитель: А.Е.Смирнов,

доцент кафедры «Материаловедение»

Аустенитная сталь марки 316L обладает выдающейся коррозионной стойкостью благодаря высокому содержанию хрома и никеля, однако ее применение в узлах трения ограничено низкой поверхностной твердостью и склонностью к схватыванию. Традиционные методы упрочнения, такие как закалка, для данного сплава неэффективны из-за стабильности аустенитной структуры. В связи с этим актуальным становится использование химико-термической обработки (ХТО), в частности азотирования, позволяющего повысить износостойкость без существенного снижения коррозионных свойств [1].

Особый интерес представляет обработка аддитивных материалов, полученных методом послойного селективного лазерного сплавления (СЛС). Структура стали 316L после SLM отличается наличием ячеистой субструктуры и остаточными напряжениями, что влияет на кинетику диффузии азота и формирование упрочненного слоя [2].

Исследуемые образцы были получены методом СЛС. Перед проведением азотирования проводили закалку в потоке азота высокого давления с температуры 1085 °С для устранения остаточных напряжений и гомогенизации структуры.

Ключевой проблемой азотирования нержавеющей сталей является наличие плотной оксидной пленки (Cr_2O_3) на поверхности, которая препятствует диффузии азота. Для решения этой проблемы при вакуумном азотировании применяется этап термической депассивации (нагрев в вакууме), обеспечивающий удаление оксидного слоя и активацию поверхности перед насыщением [3].

В работе рассматриваются два основных метода насыщения: газовое и вакуумное азотирование в среде аммиака, по режиму: 600 °С, 24 ч. В свою очередь вакуумное азотирование проведено как с депассивацией, так и без нее.

Анализ микроструктуры показал, что для вакуумного азотирования без депассивации (рис. 1, а), нитридный слой имеет несплошной характер и толщину до 50 мкм, когда для вакуумного азотирования с депассивацией (рис. 1, б) нитридный слой имеет сплошной характер и толщину 80 мкм. Нитридный слой наибольшей толщины образуется в процессе газового азотирования (рис. 1, в) толщиной 140 мкм.

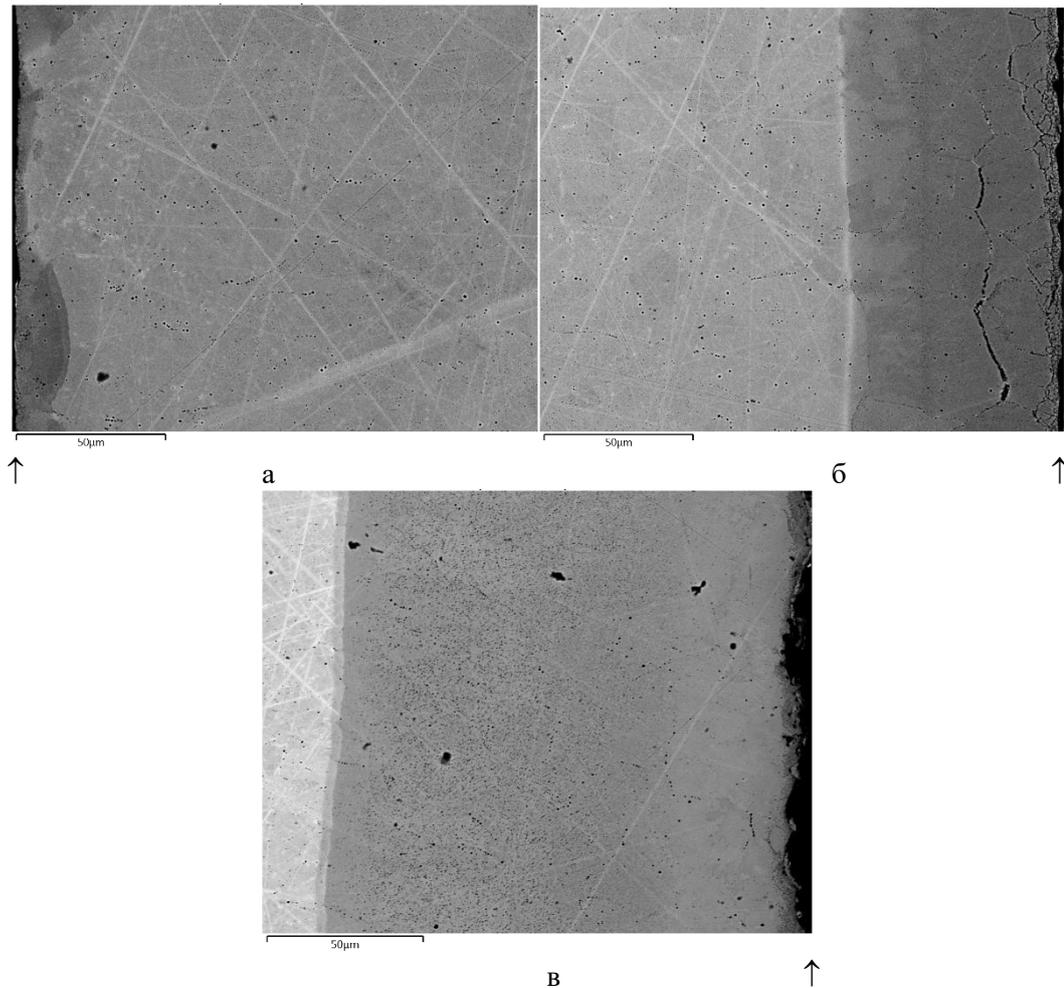
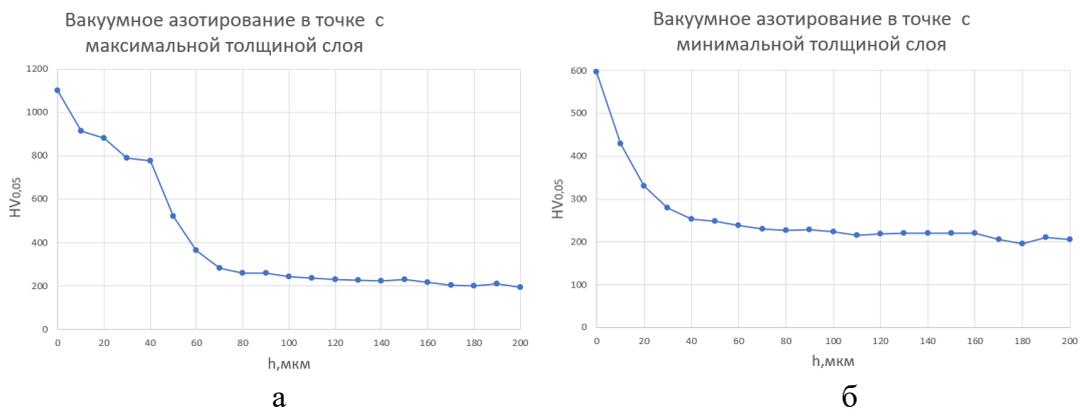


Рис. 1 Электронно-микроскопические изображения структуры диффузионных слоев, полученных вакуумным азотированием (а), вакуумным азотированием с термической депассивацией (б), газовым азотированием (в), х650
↑ – край шлифа

Микротвердость шлифов измеряли с помощью твердомера DuraScan-70. В результате измерения были получены следующие значения: микротвердость сердцевины $HV_{0,05} = 203$, распределения микротвердости (рис. 2).



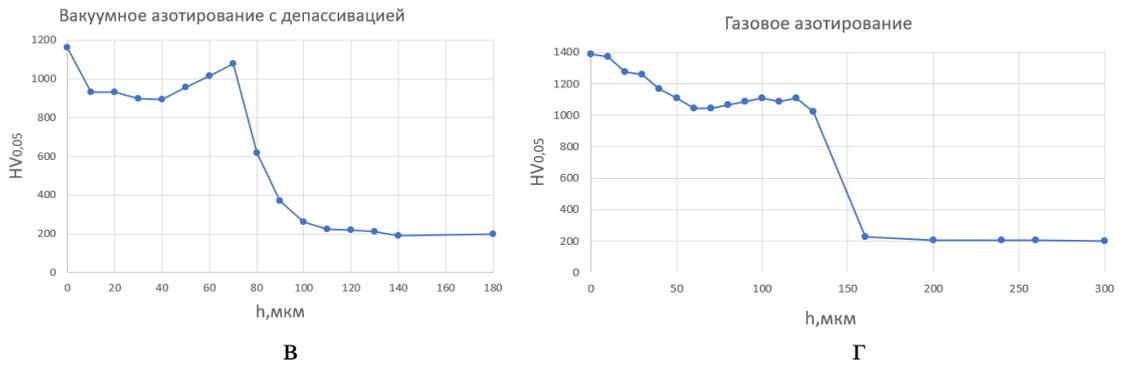


Рис. 2. Распределение микротвердости по толщине диффузионного слоя: а – вакуумное азотирование в точке с максимальной толщиной слоя, б – вакуумное азотирование в точке с минимальной толщиной слоя, в – вакуумное азотирование с депассивацией, г – газовое азотирование

Сканирующий электронный микроскоп Hitachi SU3500-A использовали для определения химического состава (рис. 3).

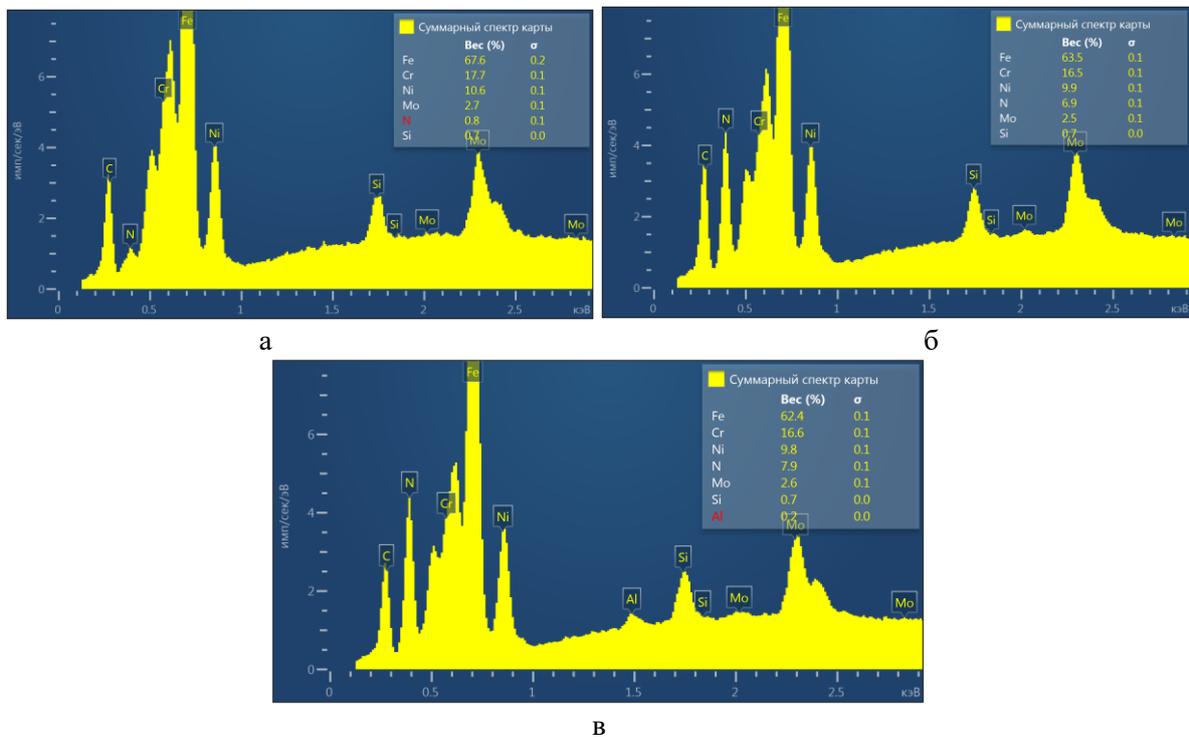


Рис. 3 Результаты спектрального анализа сканирующей электронной микроскопии а – вакуумное азотирование, б – вакуумное азотирование с депассивацией, в – газовое азотирование

В результате исследований было определено, что при вакуумном азотировании проведение депассивации является необходимым условием получения сплошного нитридного слоя, что, в свою очередь, благоприятно отразится на механических свойствах. Газовое азотирование имеет более ярко выраженную границу градиента химического потенциала на границе нитридного и диффузионного слоя.

Литература

1. Лахтин, Ю. М. Химико-термическая обработка металлов / Ю. М. Лахтин, Б.Н. Арзамасов. — Москва : Металлургия, 1985. — 336 с.
2. Солнцев, Ю. П. Материаловедение : учебник для вузов / Ю. П. Солнцев, Е. И. Пряхин, В. Ф. Буканов. — Москва : МИСиС, 2007. — 576 с.
3. Севальнёв Г.С. Повышение контактной выносливости и износостойкости тонкостенных деталей подшипников качения из высокоуглеродистых сталей мартенситного класса путем комбинированной химико-термической обработки автореф. дис. канд. тех. наук. М., 2021. 19 с.