

# ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО АЗОТИРОВАНИЯ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА ТИТАНА VT1-0

Смолякова М.Ю., Вершинин Д.С., Колобов Ю.Р.

Руководитель – профессор, д.ф.-м.н, Колобов Ю.Р

БелГУ, НОиИЦ «Наноструктурные материалы и нанотехнологии», г. Белгород  
e-mail: SmolyakovaMarina@bsu.edu.ru

Известно, что микроструктура поверхности материала оказывает существенное влияние на трибологические характеристики материала в целом. В настоящее время существует множество методов модификации поверхности с целью увеличения механических характеристик. Одним из таких методов является азотирование. Азотирование в плазме несамостоятельного дугового разряда низкого давления, обеспечивающее диффузионное насыщение поверхностного слоя металла азотом, способствует значительному улучшению механических свойств. Изменяя состав газовой среды и давления газа, температуру и время обработки, можно целенаправленно формировать структуру и фазовый состав поверхностных слоев, с целью обеспечения требуемых свойств изделий. В то же время улучшить характеристики объема материала можно, например, воздействием интенсивной пластической деформацией (ИПД). В результате такой обработки во всём объёме материала создаётся нано- и/или субмикроструктурное (СМК) состояние, что приводит к повышению прочности при сохранении пластичности материала [1]. Комбинируя метод ИПД и азотирования можно получить существенно лучший результат по сравнению с традиционными методами улучшения служебных характеристик материалов и изделий.

В качестве материала исследования был выбран титан VT1-0 в состоянии поставки и СМК состоянии. Азотирование выполняли на ионно-плазменной установке типа ННВ-6.6-И1 в плазме несамостоятельного дугового разряда низкого давления (рис.1.). Процесс проводили при температуре 400<sup>0</sup>С в смеси газов азот-аргон.

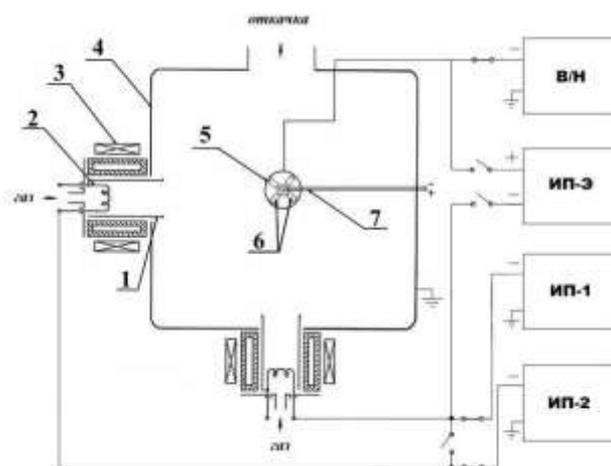


Рис.1. Схема экспериментов по низкотемпературному азотированию: 1 – полый катод; 2 – накаливаемый катод; 3 – магнитная катушка; 4 – вакуумная камера; 5 – технологическая оснастка; 6 – образцы; 7 – термопара, В/Н – источник отрицательного напряжения

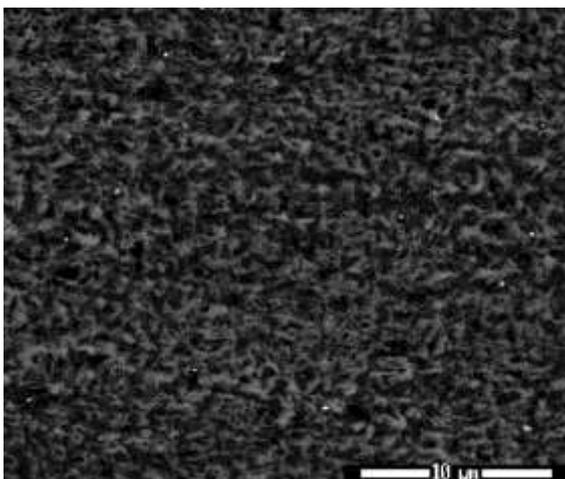


Рис.2. Структура поперечного шлифа VT1-0 в СМК состоянии после азотирования

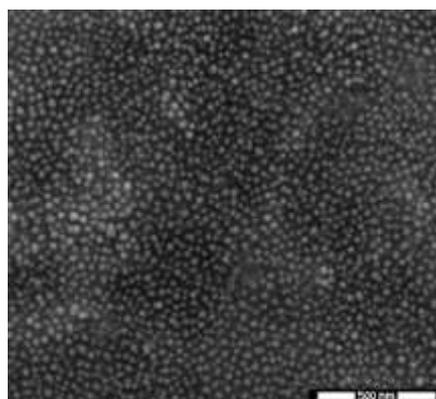


Рис.3. Морфология поверхности VT1-0 в СМК

состоянии после азотирования

Как показали предварительные эксперименты [2,3] работа в элионном режиме позволяет весьма эффективно проводить процесс низкотемпературного азотирования. Ввиду того, что температура образцов определяется при помощи термопары, установленной в торец оснастки, в электронном режиме работы появляется возможность перегрева образцов. Данный эффект с одной стороны обусловлен большей, по сравнению с ионами, подвижностью электронов, а с другой стороны – инертностью по теплопроводности системы оснастка-термопара.

Поэтому необходимо подобрать оптимальное соотношение ионного и электронного режимов. С этой целью была проведена серия экспериментов с различным соотношением электронного и ионного режимов: 1/9, 1/4 и 2/3 в газовой смеси 25%N<sub>2</sub>+75%Ar. Так как состав газовой среды имеет существенное влияние на свойства азотированного слоя, то в следующей серии экспериментов исследовали влияние состава газовой смеси.

Исследование изменения структуры СМК титана в объеме после азотирования проводили на поперечных шлифах. Сначала поперечные шлифы подвергали шлифовке и полировке, затем протравливали в растворе HNO<sub>3</sub>–35% HF–5% H<sub>2</sub>O–60%. Изменение морфологии поверхности и структуры титана после азотирования исследовалось с помощью растрового электронного микроскопа Quanta 600 FEG. Измерения поверхностной микротвёрдости проводили по методу Виккерса при нагрузке на индентор 0.09 Н.

В результате проведенных исследований было установлено, что при азотировании в плазме несамостоятельного дугового разряда низкого давления соотношения электронного и ионного режимов, а также процентное содержание азота и аргона значительно влияют на структуру и поверхностную твердость титана в СМК состоянии.

Табл.1. Изменение поверхностной твердости в зависимости от режима азотирования:

	исх	1/9	1/4	2/3
BT1-0	2,4	2,5	2,8	2,9
BT1-0 (СМК)	3,15	3,3	3,8	3,5

Табл.2. Изменение поверхностной твердости в зависимости от состава газовой смеси: 1 – 40%-60%, 2 – 50%-50% 3 – 60%-40%.

	исх	1	2	3
BT1-0	2,4	2,8	2,9	3,5
BT1-0 (СМК)	,15	,56	,8	,9

Согласно проведенным экспериментам при соотношении ионного и режимов 1/9 и 1/4, не наблюдается отпуска материала (рис.2.). Однако при соотношении 1/9 поверхностная твердость ниже, что объясняется малой длительностью электронного режима (Табл.1).

Вследствие этого процесс азотирования идет менее эффективно. При дальнейшем увеличении доли электронного режима 2/3 материал перегревается и происходит рост зерен. Поэтому оптимальным соотношением режимов является соотношение 1/4. Исходя из этого, вторую серию экспериментов выполняли при соотношении электронного и ионного режимов 1/4 в газовых смесях с различным процентным содержанием азота и аргона: 40%-60%, 50%-50% и 60%-40%. Анализ полученных данных показывает, что увеличение процентного содержания азота от 40% до 60% приводит к повышению микротвердости на поверхности. Повышение поверхностной микротвердости происходит за счет образования твердого раствора азота в титане, а также благодаря формированию на поверхности образцов мелкодисперсных частиц нитридов титана (рис.3.).

Таким образом, была показана возможность низкотемпературного азотирования в плазме несамостоятельного дугового разряда низкого давления титана BT1-0 в исходном и СМК состоянии. Снижение температуры процесса до 400<sup>0</sup>С позволяет сохранить СМК структуру в объеме материала, полученную в результате ИПД, и одновременно повысить поверхностную микротвердость на 50-55%.

Работа выполнена в рамках государственных контрактов № 02.523.11.3007, №02.740.11.0137 и П329 с использованием аналитического оборудования ЦКП БелГУ.

#### Список литературы

1. Колобов Ю.Р., Кашин О.А., Дударев Е.Ф и др. // Перспективные материалы. – 2001. – 6. – С.55.;
2. Вершинин Д.С., Гончаренко И.М., Коваль Н.Н. и др. // Оборудование и технологии термической обработки металлов и сплавов (Том II) (Сборник докладов 7-й Международной конференции «Оборудование и технологии термической обработки металлов и сплавов»). Харьков: ННЦ ХФТИ, ИПЦ «Контраст», 2006, С.209.
3. Ахмадеев Ю.Х., Кошкин К.А., Шнайдер А.В. и др. // Оборудование и технологии термической обработки металлов и сплавов (Том I): Сборник докладов IX Международного научно-технического конгресса термистов и металловедов. Харьков, 2008. С.192.