

гезионного взаимодействия. Согласно данным акустической эмиссии, обработка соединений ZrCN, сформированных на быстрорежущей стали, в жидком азоте приводит к снижению адгезионного взаимодействия с подложкой. Данный эффект проявляется в большей степени при больших временах выдержки покрытия в криогенной жидкости.

Термообработка покрытий ZrN, сформированных на стали Р6М5, при небольших временных интервалах воздействия криогенных жидкостей может увеличивать адгезионное взаимодействие в системе «подложка-субстрат».

УДК 621.785.532

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА НАСЫЩАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПРИ ИОННОМ АЗОТИРОВАНИИ НА ПАРАМЕТРЫ УПРОЧЕННЫХ СЛОЕВ ТИТАНОВОГО СПЛАВА ОТ4-1

Гордиенко А.И., Дробов А.Н., Поболь И.Л.

Физико-технический институт НАН Беларуси, Минск

Введение.

Титан и его сплавы, благодаря уникальному сочетанию свойств, занимают важное место среди материалов в современной технике. Однако титановые сплавы имеют и некоторые недостатки, в том числе недостаточная твердость и, как следствие, износостойкость. Эту проблему решают различными методами упрочнения и модифицирования поверхности, которых к настоящему времени известно довольно много. Наибольшее распространение получили методы химико-термической обработки.

Среди всех технологических процессов ХТО наибольшее распространение получило азотирование [1, 2]. Однако классические способы азотирования титана в различных азотосодержащих средах имеют общие недостатки – значительная продолжительность процесса и невозможность контролирования структуры [2]. Исходя из этого, технология ионного азотирования выглядит наиболее перспективной и позволяет добиться ряда преимуществ: получение диффузионных слоев заданного состава и строения, большая скорость насыщения металла, высокий класс чистоты поверхности, возможность азотирования пассивирующихся материалов без дополнительной депассивирующей обработки, значительное сокращение времени процесса упрочнения, большая экономичность и энергоэффективность процесса обработки, экологичность

[4, 5].



Рисунок 1 – Установка ионного азотирования

Материалы и методики.

Исследования выполнялись на экспериментальной установке ионного азотирования, разработанной и созданной в ФТИ НАН Беларуси (рисунок 1). Обработке подвергался сплав псевдо- α класса ОТ4-1 (таблица 1).

Таблица 1 – Химический состав (в %) сплава ОТ4-1 по ГОСТ 19807-91

Fe	C	Si	N	Zr	O	H	Mn	Al	Ti
до 0,3	до 0,1	до 0,12	до 0,05	до 0,3	до 0,15	до 0,012	0,7...2	1,5...2,5	94,3...97,5

Для определения влияния периодичности подачи газовой среды в рабочую камеру на параметры упрочненных слоев были выбраны три схемы подачи (рисунок 2). Процесс ионного азотирования проводился при 850 °С в течение 5 часов. Схема №1 заключается в разогреве образцов в среде со 100 % Ar, затем на стадии выдержки скачкообразно подается газовая смесь заданного процентного содержания. По схеме №2 в камеру одновременно подается и плавно нарастает часовой расход газовой смеси заданного содержания, начиная с первых шагов разогрева. По схеме №3 разогрев происходит в среде со 100 % Ar, затем стадия выдержки разбивается на несколько шагов с плавным нарастанием часового расхода азота и одновременным снижением расхода аргона до достижения заданного соотношения рабочих газов.

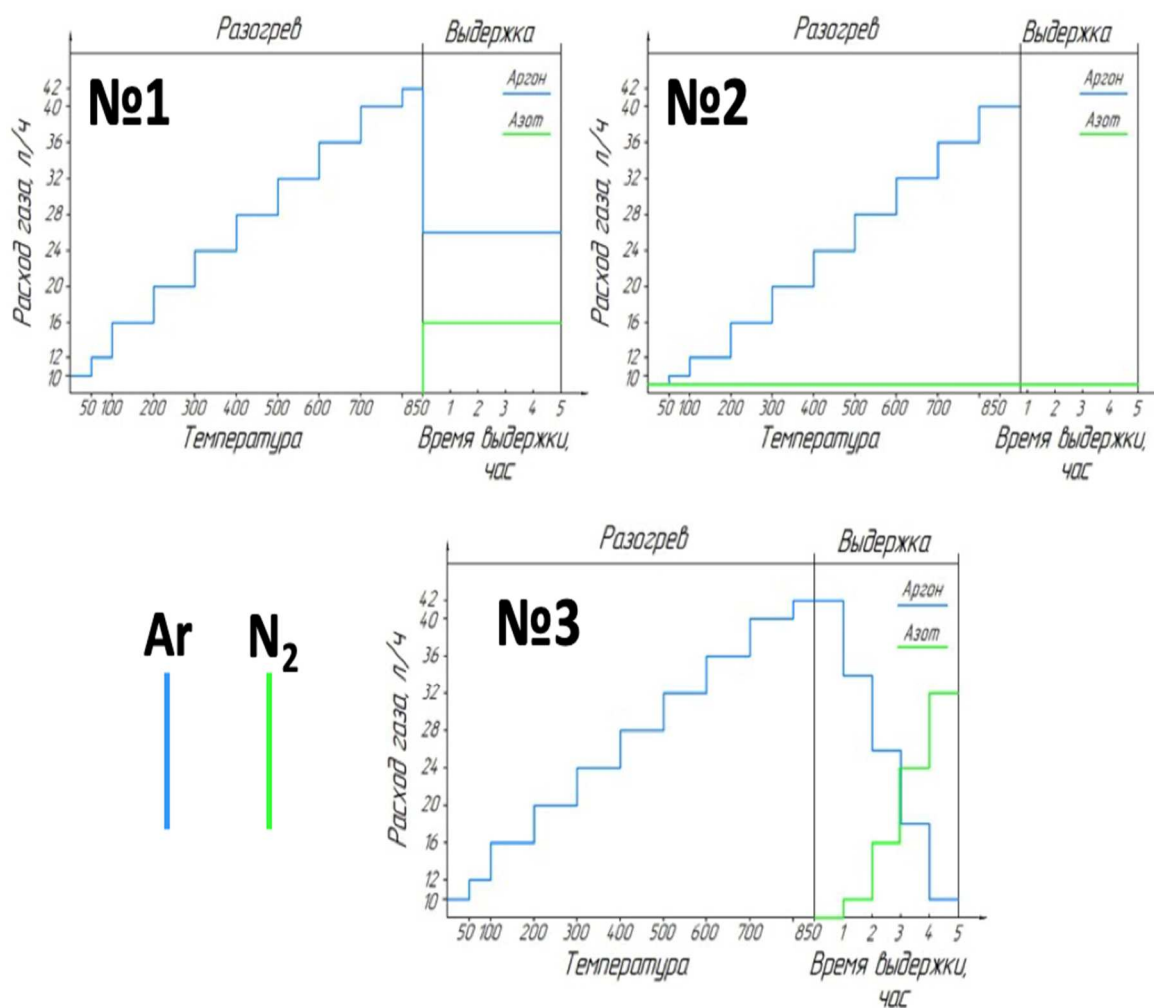


Рисунок 2 – Схемы подачи рабочих газов в камеру при ионном азотировании

Экспериментальные результаты.

На рисунке 3 представлены профили микротвердости в образцах из сплава ОТ4-1 после ионного азотирования в рабочей смеси 10 % N₂/ 90 % Ar по различным схемам подачи рабочих газов в камеру.

На рисунке 4 приведены микроструктуры образцов после азотирования по разным схемам подачи газов в камеру (рисунок 2).

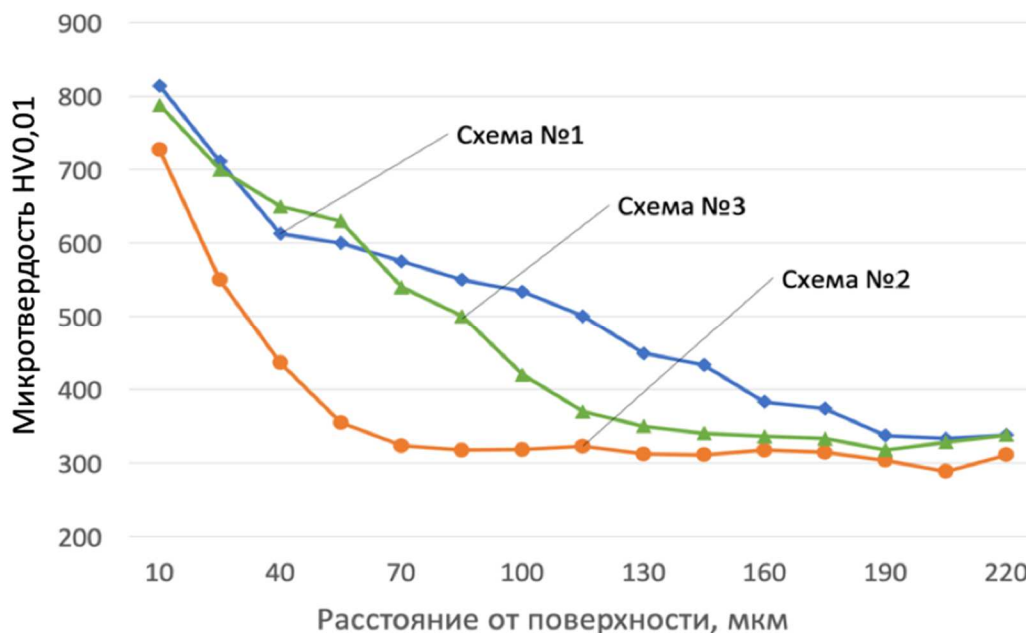


Рисунок 3 – Графики распределения микротвердости по глубине азотированного слоя титанового сплава ОТ4-1 после ионного азотирования по различным схемам подачи рабочих газов

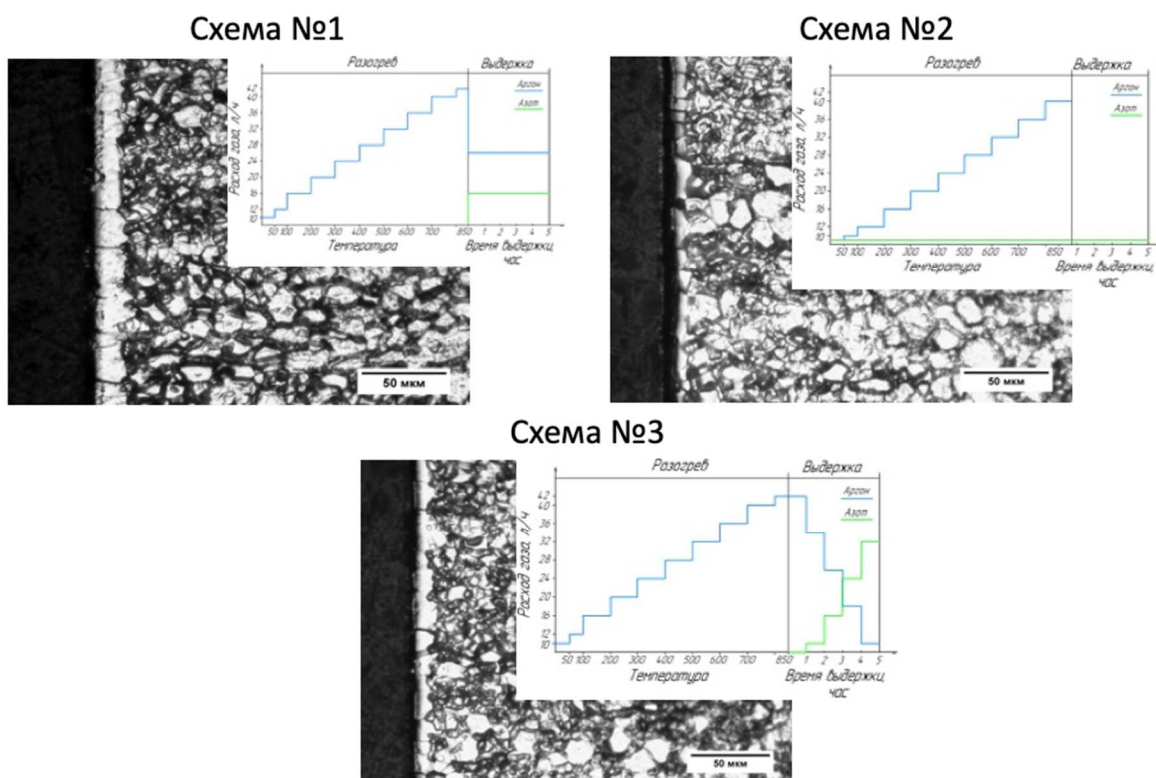


Рисунок 4 – Микроструктуры титанового сплава ОТ4-1 после ионного азотирования по различным подачи рабочих газов в камеру

Выводы.

Оптимальной схемой подачи рабочих газов в камеру является схема №1, при которой разогрев проходит в чистом аргоне, без добавления других газов. На стадии выдержки количество аргона сокращается с одновременной подачей заданного количества азота. Похожие результаты можно наблюдать при схеме №3 с разбивкой стадии выдержки на отдельные этапы с постепенным уменьшением количества аргона и увеличением количества подаваемого азота. Наименьшую глубину азотированного слоя демонстрируют образцы после азотирования по схеме №2. Это объясняется тем, что большое количество азота на ранних стадиях разогрева приводит к быстрому образованию на поверхности нитридного слоя, который препятствует дальнейшей диффузии в глубь образца и формированию в нем упрочняющих фаз.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Неровный В.М., Перемитько В.В. Азотирование поверхности титановых сплавов дуговой плазмой низкого давления // ФиХОМ. – 1995. – №3. – С.49-54.
2. Пресман Ю.Н. Исследование процессов химико-термической обработки титановых сплавов в металлотермических смесях: автореф. дис. канд. техн. наук : 05.16.01 / Ю.Н. Пресман. – Минск, 1974. – 24 с.
3. Прокошкин Д.А. Панайоти Т.А. Соловьев Г.В. Исследование ионного азотирования титана // Известия ВУЗов. Машиностроение. - 1985. - №5. – С. 107-110.
4. Вершинин, Д.С. Низкотемпературное азотирование титана в плазме несамостоятельного дугового разряда низкого давления / Д.С. Вершинин, М.Ю. Смолякова // Физика и химия обработки материалов. – 2011. – № 5. – С. 15–20.
5. Исследование трибологических свойств азотированного титанового сплава ВТ16 / Д.С. Вершинин [и др.] // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. – 2010. – Т. 76. – №12. – С. 45–49.

УДК 621.793:66.088

ТЕРМОСТОЙКИЕ ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ РЕФРАКТОРНЫХ МЕТАЛЛОВ

*Чекан Н.М.¹, Овчинников Е.В.², Веремейчик А.И.³, Акула И.П.¹,
Эйсымонт Е.И.²*

¹ ГНУ «Физико-технический институт НАН Беларуси», г. Минск, Беларусь

² УО «Гродненский государственный университет им. Я. Купалы»,
г. Гродно, Беларусь

³ УО «Брестский государственный технический университет», г. Брест, Беларусь

Материалы, обладающие такими свойствами как высокая прочность, электропроводность, низкая плотность, все больше находят распространение в авиационной, автомобильной промышленности. Данный спрос на такие материалы обусловлен как экономическими, так и техническими причинами. При-