

УДК 621.01/.03

ВЛИЯНИЕ ТРЕХСТУПЕНЧАТОГО ОКСИАЗОТИРОВАНИЯ НА МИКРОТВЕРДОСТЬ

Бойназаров Урол Равшанович - к.т.н., и.о.проф. E-mail: boynazarov_63@mail.ru

Каршинский инженерно-экономический институт. г.Карши, Узбекистан.

Аннотация. *Азотирование широко применяется для упрочнения разнообразных сталей и сплавов, деталей машин и инструментов, работающих в различных условиях эксплуатации. В настоящее время разработано множество технологических вариантов процесса получения оксинитридных диффузионных покрытий с достаточно высокими физико-механическими свойствами [1]. Одной из таких технологий является разработанная нами следующая трехстадийная система нитроокисления, состоящая из предварительного окисления, азотирования и последующего параокисления.*

Ключевые слова: предварительное окисление (окисление), микротвердость, диффузионный, слой, азот, нитридная зона.

Abstract. *Nitriding is widely used to harden various steels and alloys, machine parts and tools operating under various operating conditions. At present, many technological options have been developed for the process of obtaining oxynitride diffusion coatings that provide sufficiently high physical and mechanical properties [1]. One of such technologies is the following three-stage nitrooxidation system developed by us, which consists of preliminary oxidation, nitriding and subsequent paraoxidation.*

Key words: preliminary oxidation (oxidation), microhardness, diffusion, layer, nitrogen, nitride zone.

В мировой технической литературе широко освещается высокая эффективность процесса азотирования. По сравнению с другими методами химико-термической обработки (цементацией и нитроцементацией) азотирование обладает рядом преимуществ, к которым относятся высокая поверхностная твердость азотируемых деталей, сравнительно малые деформации и изменения их размеров, большая износостойкость и более высокий предел выносливости [4].

Для проведения экспериментальных исследований была собрана установка, которая схематично представлена на рис. 3. Она включает следующие основные блоки:

- муфельную печь мощностью 3 кВт;
- системы контроля и поддержания температуры в рабочей зоне на базе печи сопротивления, оснащенной КСП, РНО - 250;
- систему газообеспечения, контроля расхода и степени диссоциации аммиака, очистки и сушки;
- систему подачи и контроля расхода воды в муфеле печи для получения перегретого пара.

Печь имеет герметичный муфель объемом 2,56 дм³. Крышка муфеля имеет систему охлаждения.

Расход газа регулировался расходомером РС-4. Степень диссоциации газа определялась по показаниям водяного диссоциометра. Давление аммиака в муфеле в процессе обработки контролировалась с помощью манометра (ГОСТ 6221-82). Перед подачей в рабочее пространство аммиак проходил через систему очистки, состоящую из поглотительных сосудов с силикагелем и щелочью для удаления влаги.

Температуру в рабочем пространстве измеряли хромель-алюминивой термопарой, сигнал с которой подавался на потенциометр КСП-3.

Для исследования кинетики формирования диффузионных слоев при азотировании в аммиаке с предварительным и последующим оксидированием в парах воды использовались образцы из технического железа и конструкционных сталей: 38Х2МЮА по технологии в рис.2. Микротвердость диффузионных покрытий измеряли на приборе ПМТ-3 [3].

Перед химико-термической обработкой поверхность образцов шлифовали, полировали и обезжировали в ацетоне, шероховатость поверхности составила $Ra = 0,10 - 0,20 \text{ мкм}$.

Исследовали процессы предварительного оксидирования при 550, 580 и 620°C в течение 5-30 минут. Оксидирование при этом проводили в атмосфере парами воды по схеме, показанной на рис.2.

При азотировании с предварительным окислением и последующим оксидированием такие технологические факторы, как температура и время насыщения, а также температурно-временные параметры предварительного окисления, оказывают существенное влияние на твердость поверхностной нитридной зоны [5].

Исследование твердости диффузионных слоев показало, что максимальная твердость поверхностного оксинитридного слоя после оптимальных режимов предварительного окисления несколько выше, чем у нитридного слоя без предварительного окисления [1].

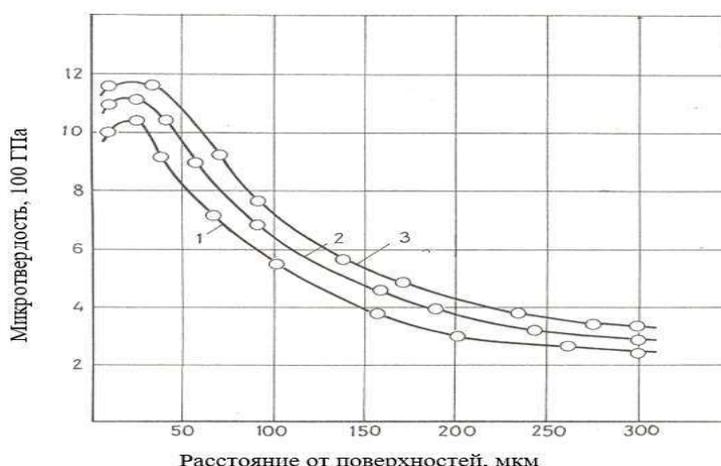


Рис.1. Распределение микротвердости по толщине нитридного (1) и нитрид-оксидного слоя (2, 3). Сталь 38Х2МЮА: 1-азотирование - 580°C; 2 часа; 2-предварительное оксидирование: 580°C; 7 мин.+азотирование: 580°C; 2 часа; 3-предварительное оксидирование: 580°C; 7 мин.+азотирование 580°C; 2 часа+парооксидирование: 550°C; 30 мин.

Повышение микротвердости обнаруживается практически по всей толщине поверхностного нитридного слоя и зоны внутреннего азотирования. Такое повышение твердости, по-видимому, связано с образованием оксинитридного слоя и одновременно влиянием кислорода на процесс ускорения диффузии азота по всей толщине диффузионного слоя [5].

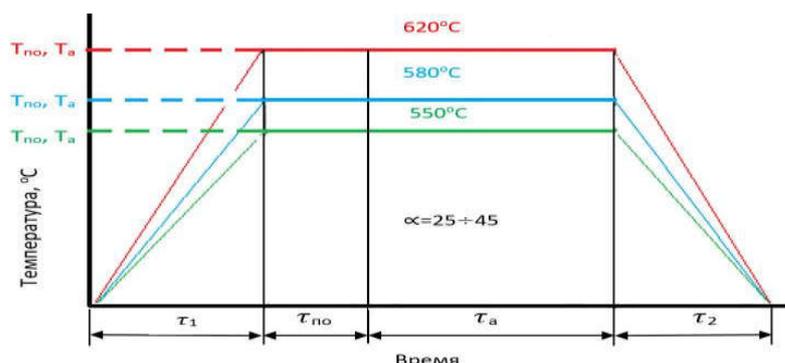


Рис.2. Трехступенчатого технология азотирования.

При оксидировании оксинитридного слоя происходит дальнейшее повышение твердости в поверхностных слоях (рис. 1. кривая 3). Вероятно, это связано с перераспределением азота и кислорода при дополнительной обработке и достижении оптимального содержания азота и кислорода в нитридной зоне, что подтверждается результатами рентгеноструктурного анализа, образованием фазы ϵ и γ' обладающей высокой твердостью.

Установлено также, что увеличение температуры насыщения приводит к уменьшению твердости в поверхностных слоях оксинитридной зоны (рис. 4.), пик максимальной твердости с понижением температуры насыщения смещается в сторону границы нитридной зоны, при этом соответственно уменьшается толщина зоны с повышенной твердостью.

Таким образом, при оптимальных режимах азотирования с предварительным окислением в поверхностной оксинитридной зоне наблюдается повышение твердости и дополнительная окислительная обработка также приводит к увеличению твердости.

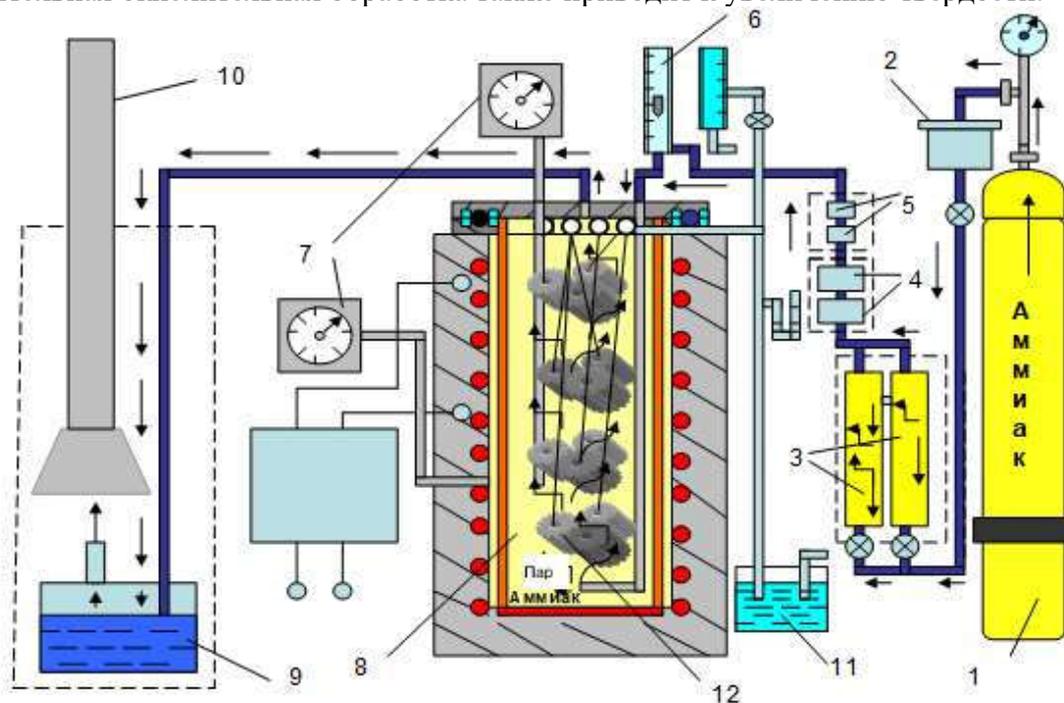


Рис.3. Технологическая схема экспериментальной установки нитрооксидирования деталей машин: 1-баллон аммиака; 2-фильтр; 3-испаритель; 4-очиститель и отстойник газообразного аммиака; 5-фильтр высокой очистки и осушки; 6-ротометр; 7-термопара; 8-печь азотирования; 9-очиститель газа при выходе из печи; 10-нагнетающая труба воздушного насоса; 11-гидравлический затвор; 12-обрабатываемые детали.

При азотировании с предварительным окислением и последующим оксидированием такие технологические факторы как температура и время насыщения, а также температурно-временные параметры предварительного окисления оказывают существенное влияние на твердость поверхностной нитридной зоны [4].

Исследование твердости диффузионных слоев показало, что максимальная твердость поверхностного оксинитридного слоя после оптимальных режимов предварительного окисления несколько выше, чем у нитридного слоя без предварительного окисления (рис.1).

Повышение микротвердости обнаруживается практически по всей толщине поверхностного нитридного слоя и зоны внутреннего азотирования. Такое повышение твердости, по-видимому, связано с образованием оксинитридного слоя и одновременно влиянием кислорода на процесс ускорения диффузии азота по всей толщине диффузионного слоя.

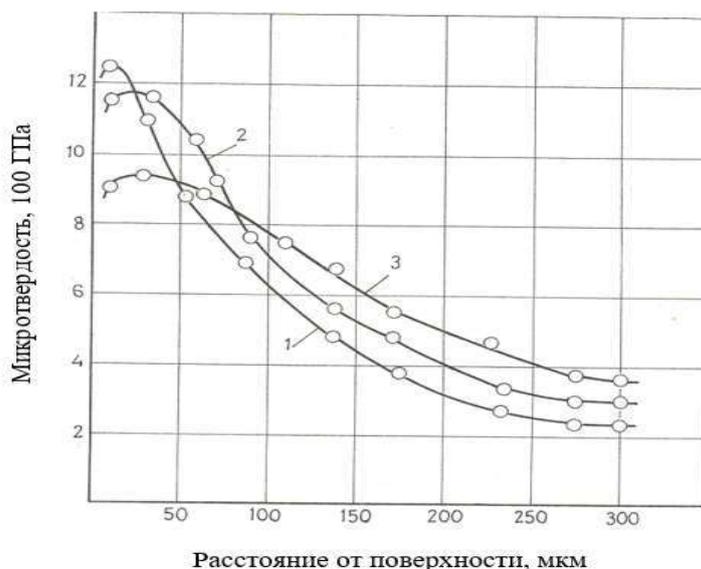


Рис. 4. Распределение микротвердости по толщине нитрид-оксидного слоя. Сталь 38Х2МЮА: 1- предварительное оксидирование: 550°С; 10 мин. + азотирование: 550°С; 2 часа + пароксидирование: 550°С; 30 мин. 2 - предварительное оксидирование: 580°С; 7 мин. + азотирование: 580°С; 2 часа + пароксидирование: 550°С; 30 мин. 3 - предварительное оксидирование: 620°С; 5 мин. + азотирование: 620°С; 2 часа + пароксидирование: 600°С; 30 мин.

При оксидировании оксинитридного слоя происходит дальнейшее повышение твердости в поверхностных слоях (рис. 1, кривая 3). Вероятно, это связано с перераспределением азота и кислорода при дополнительной обработке и достижении оптимального содержания азота и кислорода в нитридной зоне, что подтверждается результатами рентгеноструктурного анализа, образованием фазы ϵ и γ' обладающей высокой твердостью.

Выводы. Характер изменения распределения твердости после химико-термической обработки, показывает, что поверхностная оксидная пленка обладает меньшей твердостью (4,0 - 5,0 ГПа), чем твердость оксинитридного подслоя, имеющего высокую твердость (до 8,5 - 12,5 ГПа). Такое распределение твердости благоприятно влияет на процесс трения и изнашивания, способствуя хорошей прирабатываемости соприкасающихся поверхностей и обеспечивая положительный градиент механических свойств по сечению.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лахтин Ю.М., Коган Я.Д. (Россия), Г.И.Шпис, З.Бемер (ФРГ). Теория и технология азотирования. Москва «Металлургия» 1991.
2. Бойназаров У.Р., Эргашев Т.И. Исследование формирования нитридоксидных слоев с предварительным оксидированием. UNIVERSUM: технические науки. Выпуск: 4(85). Апрель 2021. Часть 3. Россия. Москва -2021г. с.87-92.
3. Бойназаров У.Р. (к.т.н.), Петрова Л.Г. (д.т.н.), Брежнев А.А. (к.т.н.), Бибииков П.С. Свойства оксинитридных покрытий на стали, полученных при трехстадийных процессах азотирования с оксидированием. НАУКА - ТЕХНИКА - ПРОИЗВОДСТВО - Черная металлургия. DOI 10.52351/00260827_2021.08. УДК 621.785.53 +621.794.61 Журнал Металлург. №8 ст. 64-68 2021 г. Москва.
4. Бойназаров У.Р. Повышение износо- и коррозионной стойкости деталей машин с нитрооксидированием. Монография. Ст.8. Изд. "INTELLEKT" Карши, 2021 г.
5. Бойназаров У.Р., Раззоков Т.Х. Микротвердость диффузионных нитрооксидных слоев. Журнал "Universum: технические науки". Россия. 2020 г. 26 июль.