

ПЕРСПЕКТИВНЫЙ МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН БЕЗВОДОРОДНЫМ АЗОТИРОВАНИЕМ В ТЛЕЮЩЕМ РАЗРЯДЕ (БАТР-ПРОЦЕСС)

**Курганов А.В., Юршев В.И., Левин Е.А., Жукова Е.С.
Оренбургский государственный университет, г. Оренбург**

Химико-термической обработкой (ХТО) называется тепловая обработка металлов в химически активной среде для изменения химического состава, структуры и свойств поверхностного слоя металлического изделия. Основными видами ХТО сталей являются: цементация (науглероживание), азотирование, цианирование, нитроцементация (совместное насыщение азотом и углеродом), диффузионная металлизация, насыщение поверхностного слоя алюминием, хромом, кремнием, бором и др. [1].

Азотированием является химико-термическая обработка (ХТО), состоящая из диффузионного насыщения поверхностного слоя стали азотом (азотом и углеродом) при нагревании в соответствующей среде. Азотирование чаще проводится при температуре 500—600 °С (низкотемпературное азотирование). Азотированию можно подвергать любые стали перлитного, ферритного и аустенитного классов, а также чугуны[2].

Азотирование стали впервые теоретически обосновал академик Н.П. Чижевский в 1913 году и с 1920-х годов данная технология в промышленных масштабах существенно помогает улучшать качество стали. Поначалу азотирование осуществлялось в твердых и жидких средах, но спустя некоторое время стало осуществляться и в газообразных. Преимущества их определялись в реальных условиях, где при выборе сред учитывали не только назначение детали, но и ее форму, поэтому в каждом конкретном случае эти среды имели свои достоинства и недостатки. Вследствие этого в рамках одного предприятия могли использовать одновременно несколько технологий азотирования.

На сегодняшний день азотированию выделяют особую роль в машиностроении, так как после него поверхностный слой детали приобретает повышенную твердость, антикоррозионную защиту, а так же значительно возрастает выносливость и усталостная прочность. Азотированный слой металла стабильно сохраняет свои показатели при температуре до 600 °С, что дает широкий спектр применения ХТО для различных деталей, повышая эксплуатационный ресурс.

При упрочнении в азотсодержащей разряженной среде применяют метод тлеющего разряда, где деталь является отрицательно заряженным электродом (катод), но встречаются варианты, когда она выступает в качестве положительно электрода (анод) и с переменным чередованием этой функции.

В процессе развития технологии азотирования в тлеющем разряде (АТР-процесс) было отмечено снижение в несколько раз расхода энергии, газа и времени обработки ($t=4-6$ часов) по сравнению с печным азотированием (продолжительность азотирования достигает до 96 часов) и практически

отсутствовала деформация у деталей, что положительно сказывалась на стоимости конечного изделия.

Исследуемая технология реализуется в среде газа пониженного давления при воздействии на газовый промежуток электрического поля между анодом и катодом, в качестве которого используется поверхность объекта модификации, при этом активные элементы среды внедряются в поверхность, образуя в ней различные соединения и растворы [4].

Отличительной чертой микроструктуры азотированного слоя после АТР-процесса является наличие мелкодисперсной очень прочной ξ -фазы (рис. 1). Благодаря наличию в слое этой фазы поверхностная твёрдость азотируемых деталей выше почти на HV 200, чем при газовом азотировании [3].

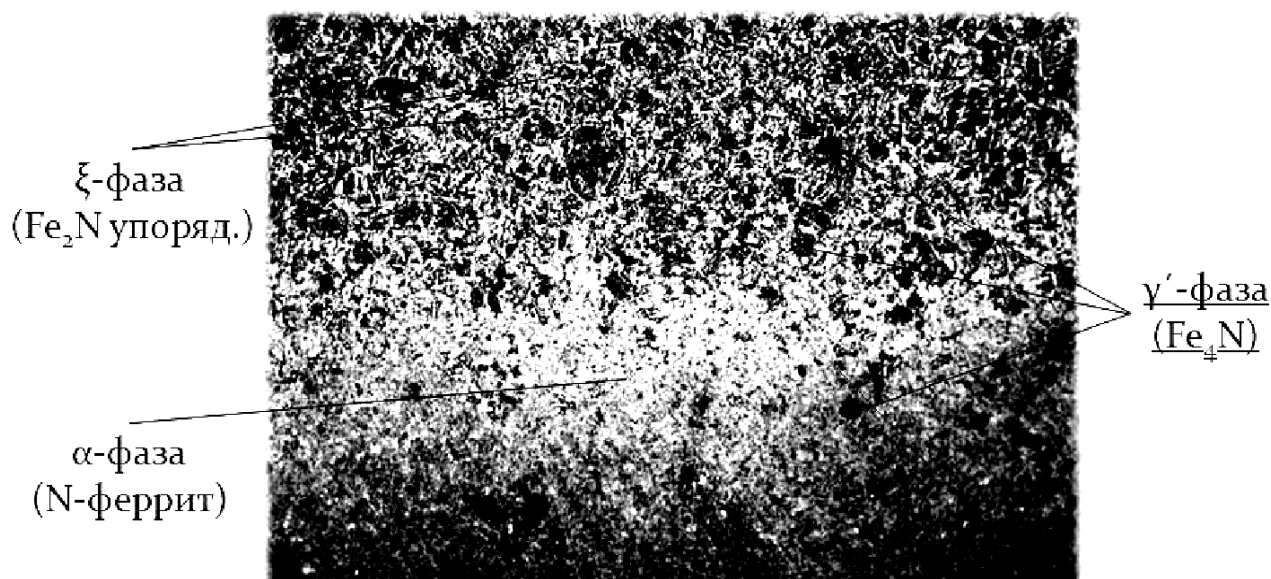


Рисунок 1- Микроструктура азотированного слоя стали 38ХМЮА, после АТР-процесса, $\times 360$

Если же сравнивать механические свойства азотируемого слоя, после газового азотирования и АТР-процесса, то кроме повышения твердости, представленной в таблице 1, можно наблюдать увеличение предела выносливости при изгибе примерно на 130 МПа и предела контакта выносливости поверхности в среднем на 300Мпа.

Таблица 1 – Твёрдость упрочненного слоя

Марка стали	Вид обработки	Характеристики слоя		Температура процесса
		Глубина, мм.	Твердость, HV	
38ХМЮА	Газовое азотирование	0,25-0,40	735-820	550-620
	АТР-процесс	0,20-0,40	850-1100	520-570

В таблице 2 представлены технологические режимы АТР для стали 38ХМЮА. Контроль температуры детали во время обработки осуществляют с помощью терморadiационного метода, так как он один из самых точных.

Тем не менее, был и минус у АТР-процесса. Он заключался в том, что в технологии азотирования применялся водородосодержащий газ, а наличие водорода в тлеющем разряде приводило к охрупчиванию поверхности. Решением этой проблемы послужило использования “чистого” азота или азота с аргоном вместо аммиака. Данная технология получила название – безводородное азотирование в тлеющем разряде.

Таблица 2 – Технологические режимы АТР

Марка	Исходное состояние				Технологические параметры режимы			
	ХТО	T _{нагрева} , °C	T _{отпуска} , °C	HV _{0,1}	T, °C	P., тор	Газ, % (N ₂ +Ar)	HV _{0,1}
38ХМЮА	Отжиг	930-940	-	229-320	580	1,8	75+25	804-1200
	Зак.+Отп.	930-940	640	240-280		1,5/1,8		1036-1460
				330		1,5		800-1200
				370-580	560	1,8		1100-1150

БАТР-процесс не только свел водородное охрупчивание к нулю, но и по сравнению с АТР-процессом увеличил пластические свойства поверхности с минимальным разупрочнением основы, так же снизилось энергопотребление. Отказ от газов с содержанием водорода дал возможность корректировать качественные и количественные параметры режимов каждой отдельной стадии азотирования, что в свою очередь позволило влиять на структуру и кинематику формирования модифицированного поверхностного слоя. Если смотреть с точки зрения экологии, то отказ от аммиака делает процесс азотирования полностью экологически чистым, что актуально на сегодняшний день.

При испытаниях зубчатых колес, прошедших азотирование в безводородных газовых средах, было отмечено увеличение стойкости в 2-3раза, специальных подшипников качения – в 1,5 раза по сравнению с обычным азотированием в тлеющем разряде. При испытаниях деталей работающих в агрессивных средах износостойкость увеличилась в 3-5 раз. Если использовать БАТР-процесс для повышения износостойкости режущего инструмента из быстрорежущей стали (фрез, протяжек, свёрл, резцов и т.д.), то можно добиться повышения в 1,8-3 раза, в зависимости от режимов резания.

Таким образом, если выделить основные преимущества БАТР-процесса, то можно считать его одним из перспективным методом азотирования.

Список литературы

- 1. Богодухов, С.И. Материаловедение и технологические процессы машиностроительного производства: Лабораторный практикум/ С.И. Богодухов, В.И. Юршев, А.Д. Проскурин и др. часть 1. Оренбург: ГОУ ОГУ, 2004. 210с*
- 2. Лахтин, Ю.М. Химико-термическая обработка металлов / Ю.М. Лахтин, Б.Н. Арзамасов // М.: Металлургия, 1985. – 256 с.*
- 3. Пастух, И. М. Теория и практика безводородного азотирования в тлеющем разряде// Харьков: ННЦ ХФТИ, 2006. - 361 с.*
- 4. Лахтин, Ю. М. Материаловедение: учебник для высших технических учебных заведений / Ю. М. Лахтин, В. П. Леонтьева — 3-е изд., перераб. и доп.—М.: Машиностроение, 1990. —528с: ил. ISBN5-217-00858-X*