

Могильная Е.П., Дубасов В.М.

ИОННОЕ АЗОТИРОВАНИЕ ИЗДЕЛИЙ ИЗ КОНСТРУКЦИОННОЙ СТАЛИ 38ХМФА

Mogilnaya E.P., Dubasov V.M.

IONIC NITRIDING OF WARES FROM THE STRUCTURAL STEEL 38XMFA

Представлены основные закономерности и особенности методов газового и ионного азотирования. Приведены микроструктуры азотированного слоя стали 38ХМФА после газового ионного азотирования. Приведена сравнительная характеристика механических свойств упрочнённого слоя и проанализировано их влияние на структуру и механические свойства стали 38ХМФА. Выполнен сравнительный анализ положительных качеств и недостатков данных процессов поверхностного упрочнения деталей. Указаны основные преимущества метода ионного азотирования.

Ключевые слова: ионное азотирование, газовое азотирование, твердость, износостойкость, знакопеременное нагружение, усталостная прочность, предел выносливости.

Введение

Среди различных способов повышения стойкости деталей и изделий путём поверхностного упрочнения основными являются цементация, нитроцементация и азотирование. В настоящее время все большее применение находит азотирование, благодаря которому упрочненные детали имеют более высокую износостойкость и твердость поверхностного слоя и малую деформацию обрабатываемой детали [1].

Практика показала, что после исследуемых методов азотирования изделие обладает повышенной твердостью, прочностью, износостойкостью, контактной выносливостью, сопротивлением усталости и коррозии.

В современном материаловедении всё большее применение находит ионное азотирование в плазме тлеющего разряда, при котором достигается значительное сокращение общего времени процесса (в 2 - 3 раза) и повышение качества азотированной зоны [2].

Технология ионного азотирования достаточно проста, экологически безопасна, экономична и является, как правило, заключительным этапом обработки изделий. Эти преимущества обуславливают

постепенный и непрерывный рост применения ионно-плазменного азотирования в различных областях промышленности. Именно поэтому исследование влияния процессов азотирования на структуру и механические свойства сталей является актуальным [3].

Цель

Целью работы является исследование влияния газового и ионного азотирования на структуру и механические свойства стали 38ХМФА.

Методика исследования

Исследование проводилось на образцах из стали 38ХМФА, которые были разделены на две группы. Первая группа подвергалась газовому азотированию, вторая – ионному азотированию.

Технологический процесс газового азотирования заключается в следующем. Газовое азотирование проводили при температуре 500-600°C в контейнере, через который пропускали диссоциирующий аммиак. На стальной поверхности изделия происходит реакция диссоциации аммиака с выделением ионов азота, которые адсорбируются поверхностью детали, а затем диффундируют вглубь. По мере насыщения железа азотом при температуре ниже 590 °С сначала образуется α -твердый раствор внедрения азота в железо, затем слой γ' -фазы с ГЦК решеткой и упорядоченным расположением атомов азота в центрах элементарных ячеек (рис. 1). При медленном охлаждении после азотирования вследствие переменной растворимости азота в α - и ε -фазах происходит выделение избыточной γ' -фазы, и структура азотированной зоны от поверхности к сердцевине становится смешанной (рис. 1).

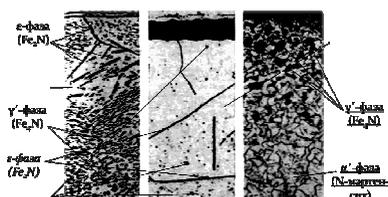


Рис. 1. Микроструктура стали 38ХМФА после газового азотирования, $\times 360$

Упрочнение поверхностного слоя методом ионного азотирования заключалось в том, что в разряженной до 200-1000 Па азотосодержащей газовой среде между катодом и анодом возбуждается аномальный тлеющий разряд, образующий активную среду (ионы, атомы, возбужденные молекулы). Стальной контейнер, в котором проводили азотирование является анодом. Катодом служат азотируемые детали. Через

контейнер при низком давлении пропускали азотсодержащую среду. Поверхность детали нагревалась до требуемой температуры (550°C) в результате бомбардировки положительными ионами газа. Ионы азота поглощаются поверхностью катода (детали), а затем идёт объемная диффузия.

Результаты исследований

Исследования показали, что отличительной чертой микроструктуры азотированного слоя после ионно-плазменного азотирования является наличие мелкодисперсной очень прочной ξ -фазы (рис. 2). Благодаря наличию в слое этой фазы поверхностная твёрдость азотируемых деталей выше почти на HV 200, чем при газовом азотировании [4].

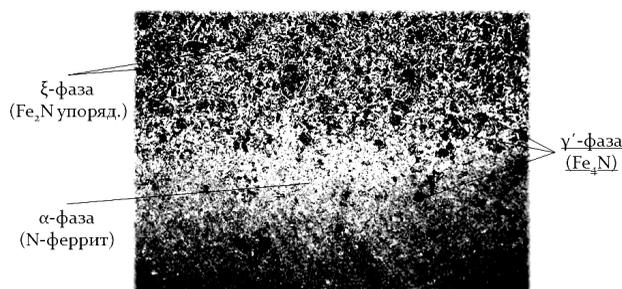


Рис. 2. Микроструктура азотированного слоя стали 38ХМФА после ионно-плазменного азотирования, $\times 360$

Сравнительная характеристика механических свойств упрочнённого слоя после азотирования исследуемыми методами представлена в табл. 1.

Таблица 1

Характеристики упрочненного слоя

Марка стали	Вид обработки	Характеристики слоя		Температура процесса
		глубина, мм	Твёрдость HV	
38ХМФА	Газовое азотирование	0,25 - 0,4	740 - 830	570 - 620
	Ионное азотирование	0,2 - 0,4	850-1100	520 - 560

Кроме значительного повышения твёрдости поверхностного слоя, упрочнение различных деталей машиностроения методом ионного азотирования обеспечивает повышение ряда механических свойств (табл. 2).

Таблица 2

Характеристики сопротивления усталости зубчатых колёс из стали 38ХМФА после газового и ионно-плазменного азотирования

Марка стали	Вид обработки	Механические свойства		Твердость НВ
		Предел выносливости при изгибе, МПа	Предел контактной выносливости, МПа	
38ХМЮА	Газовое азотирование	0,25 - 0,4	740 - 830	570 - 620
	Ионное азотирование	0,2 - 0,4	850-1100	520 - 560

Таким образом, видно, что после ионного азотирования предел выносливости при изгибе в среднем на 130 МПа выше, чем после газового азотирования, а предел контактной выносливости поверхности выше на 300 МПа. Это обуславливает применение именно метода ионного азотирования для деталей, работающих в условиях больших циклических и знакопеременных нагрузок, сильного трения [1]. Микротвердость азотированного слоя различна по его глубине. На рис. 3. показано распределение микротвердости по глубине азотированного слоя после исследуемых методов азотирования.

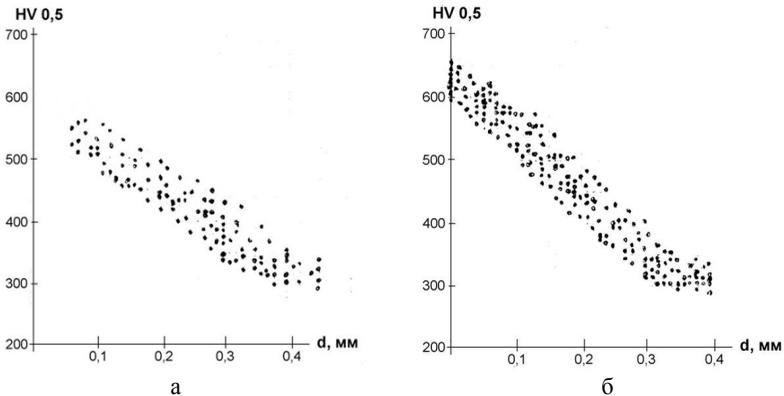


Рис. 3. Разброс микротвердости по глубине азотированного слоя для газового - а) и ионного - б) азотирования стали 38ХМФА

На основании табл. 1 и 2 можем выделить следующие преимущества ионного азотирования по сравнению с газовым азотированием:

- повышение предела выносливости и увеличение износостойкости обработанных деталей;
- более низкая температура обработки благодаря чему, в стали не происходят структурные превращения.

Выводы

Структурный состав поверхностных слоёв после исследуемых методов азотирования практически аналогичен (рис. 1 и 2) и состоит из α -фазы (N-феррит), α' -фазы (N-мартенсит), γ' -фазы (Fe_4N) и ϵ -фазы (Fe_2N). Отличительной чертой микроструктуры азотированного слоя после ионного азотирования является наличие в слое мелкодисперсной очень прочной ξ -фазы. Благодаря наличию в слое этой фазы поверхностная твёрдость азотируемых деталей выше почти на HV 200. В результате ионного азотирования возможно получение диффузионного слоя с развитой нитридной зоной, обеспечивающей высокую сопротивляемость коррозии и высокие триботехнические свойства для деталей, работающих на износ.

После газового азотирования детали испытывают наибольшие деформации, что вызывает необходимость использования дополнительного оборудования, что, в свою очередь, увеличивает длительность процесса и неэффективно отражается на всём цикле химико-термической обработки деталей. Ионное азотирование снижает деформации деталей настолько, что финишная шлифовка исключается.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зинченко В.М. Инженерия поверхности зубчатых колес методами химико-термической обработки / В.М. Зинченко. – М. Изд. МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2001 – 303 с.
2. Арзамасов Б.Н., Ионная химико-термическая обработка сплавов в газовых средах / Б.Н. Арзамасов, А.Г. Братухин, Ю.С. Елисеев, Т.А. Панайоти // М.: - Изд. МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1999. – 400 с.
3. Бабад-Захрянин А.А. Химико-термическая обработка в тлеющем разряде / А.А. Бабад-Захрянин, Г.Д. Кузнецов // М.: Атомиздат, 1975. – 175 с.
4. Лахтин Ю.М. Химико-термическая обработка металлов / Ю.М. Лахтин, Б.Н. Арзамасов // М.: Металлургия, 1985. – 256 с.
5. Лахтин Ю.М. Азотирование стали / Ю.М. Лахтин, Я.Д. Коган // М.: Машиностроение, 1976. – 256 с.

REFERENCES

1. Zinchenko V.M. Inzhenerija poverhnosti zubchatyh koles metodami himiko-termicheskoj obrabotki / V.M. Zinchenko. – Moscow. Bauman Moscow State Technical University. 2001 – 303 p.

2. Arzamasov B.N., Ionnaja himiko-termicheseskaja obrabotka splavov v gazovyh sredah / B.N. Arzamasov, A.G. Bratuhin, Ju.S. Eliseev, T.A. Panajoti // Moscow: Bauman Moscow State Technical University, 1999. – 400 p.
3. Babad-Zahrjanin A.A. Himiko-termicheseskaja obrabotka v tlejuhem razrjadie / A.A. Babad-Zahrjanin, G.D. Kuznecov. - Moscow, Atomizdat, 1975. – 175 p.
4. Lahtin Ju.M. Himiko-termicheseskaja obrabotka metallov / Ju.M. Lahtin, B.N. Arzamasov. - Moscow.: Metallurgija, 1985. – 256 p.
5. Lahtin Ju.M. Azotirovanie stali / Ju.M. Lahtin, Ja.D. Kogan // Moscow.: Mashinostroenie, 1976. – 256 p.

Могильна О.П., Дубасов В.М. Іонне азотування виробів з конструкційної сталі 38ХМФА.

Представлені основні закономірності і особливості методів газового і іонного азотування. Приведені мікроструктури азотованого шару сталі 38ХМФА після газового та іонного азотування. Приведена порівняльна характеристика механічних властивостей зміцненого шару і проаналізований їх вплив на структуру і механічні властивості сталі 38ХМФА. Виконаний порівняльний аналіз позитивних якостей і недоліків цих процесів поверхневого зміцнення деталей. Вказані основні переваги методу іонного азотування.

Ключові слова: іонне азотування, газове азотування, твердість, зносостійкість, знакозмінне вантаження, втомна міцність, межа витривалості.

Mogilnaya E.P., Dubasov V.M. Ionic nitriding of wares from the structural steel 38ХМФА.

The purpose of the work is research of influence of the gas and ionic nitriding 38ХМФА became on a structure and mechanical properties.

Increasing the hardness of surface layer by ionic nitriding of different machine-building parts ensures increasing of mechanical properties.

A significant peculiarity of microstructures of nitrided layer after ionic nitriding is presence of very hard fine-grained ζ -phase. A surface hardness of nitrided details is 200 HV higher due to presence of the ζ -phase.

It was determined a possibility to obtain a diffusion layer with developed nitridic zone that ensures high corrosion resistance and tribotechnical properties for wearproof details.

Keywords: ionic nitriding, gas nitriding, hardness, wear resistance, alternating loading, fatigue strength, fatigue limit.

Дубасов В.М. – к.т.н., доцент кафедри матеріалознавства, СНУ ім. Володимира Даля, м. Луганськ, Україна,
e-mail: vasilij.dubasov@mail.ru.

Могильна О.П. – к.т.н., доцент кафедри матеріалознавства, СНУ ім. Володимира Даля, м. Луганськ, Україна,
e-mail: mogilna@mail.ru.