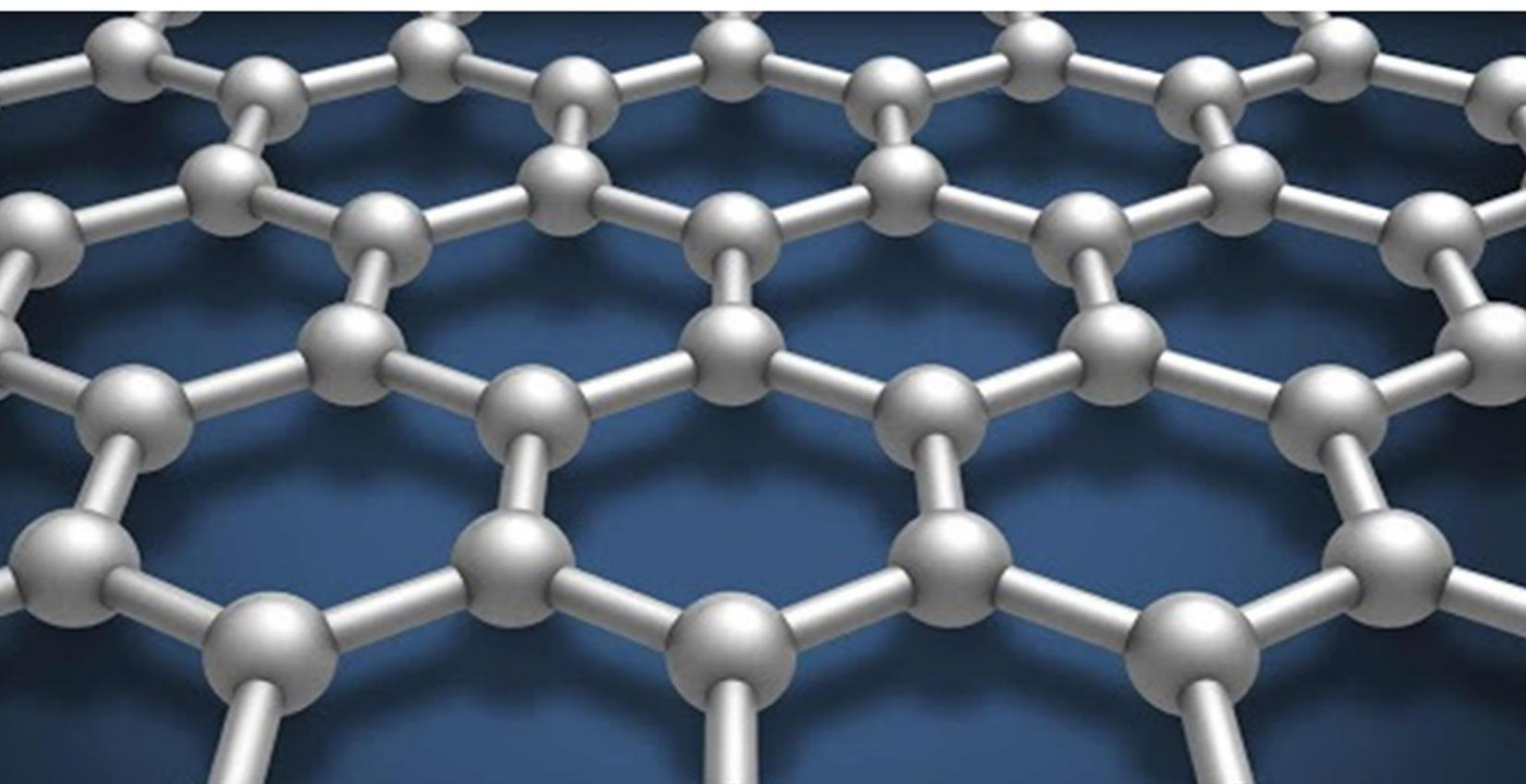


O'zbekiston

Kompozitsion **M**ateriallar

Ilmiy-texnikaviy va amaliy jurnali



Узбекский научно-технический и производственный журнал

Композиционные материалы

УДК 621.785.53 : 669.155.3

СПОСОБ РЕГУЛИРОВАНИЯ АЗОТНОГО ПОТЕНЦИАЛА ПРИ ГАЗОВОМ АЗОТИРОВАНИИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

Эшкobilов Олим Холикулович, Чуллиев Зулфикор Фуркат угли

Каршинский государственный технический университет

Аннотация. В статье изучено влияние изменение азотного потенциала в зависимости от температуры при различных содержаниях углерода в матрице стали в процессе газового азотирования в среде диссоциированного аммиака. С целью получения диффузионных нитридных слоев с заранее заданными структурами на поверхности сталей изделий с различными содержаниями углерода, приведены возможности регулирования процесса насыщения азотом с изменением азотного потенциала насыщающей атмосферы.

Ключевые слова: насыщение, азотирование, диссоциация аммиака, азотный потенциал, диффузия, нитридное покрытие, карбонитрид.

Введение. В настоящее время разработано большое количество разнообразных вариантов технологических процессов получения диффузионных нитридных покрытий. Несмотря на большое количество вариантов процессов и способов получения азотистых слоев нитридная покрытия имеют в основном одинаковое строение. Полученные обычные диффузионные слои можно характеризовать толщиной диффузионной зоны, концентрацией насыщающих элементов и структурой слоя.

В основе любого варианта технологического процесса диффузионного насыщения элементами лежит характер реакций, протекающих на поверхности. При получении нитридных покрытий всем насыщающим средам присуще общее: после протекания соответствующих реакций при заданной температуре азотный потенциал среды создает условия для обогащения поверхности азотом.

Материалы и методы. Из всех известных насыщающих сред наиболее динамичными являются газовые атмосферы, которые позволяют получить любые структурные наборы и различный диапазон глубин поверхностных нитридных диффузионных слоев [1].

Все эти преимущества газового азотирования, в особенности технологичность и экономичность, являются причиной широкого развития этого процесса. При получении диффузионных нитридных покрытий в газовой среде аммиак является базой для создания насыщающей атмосферы.

При определенных термодинамических условиях (температуры, давления) аммиак диссоциирует в соответствии с реакцией:



В результате образуется определенный азотный потенциал.

Для оценки константы равновесия служат следующие уравнение:

$$K_a = \frac{P_{\text{NH}_3}}{P_{\text{H}_2}^{3/2}} \cdot \frac{1}{a_N} \quad (2)$$

Константа равновесия связывает отношение парциального давления аммиака к водороду с азотным потенциалом $\mu_N^{\text{ГС}}$.

При насыщении в зависимости от созданного азотного потенциала диффузионные слои образуются при следующем условии:

$$\mu_N^{\alpha} < \mu_N^{\gamma} < \mu_N^{\epsilon} \quad (3)$$

Активность азота или его потенциал определяется при постоянной температуре парциальным давлением и соответственно степенью диссоциации:

$$a_N = P_{\text{NH}_3} / P_{\text{H}_2}^{3/2} \quad (4)$$

Чтобы азот мог диффундировать в материал необходимо соблюдение следующие условие:

$$\mu_N^{\text{ГС}} > \mu_N^{\text{Ме}} \quad (5)$$

Для всех случаев образования атмосферы из аммиака это отношение лежит в основе образования нитридных покрытий.

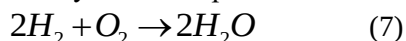
При диффузии азота может возникнуть встречная диффузия углерода в обратном направлении в зависимости от количества растворенного углерода в α -железа. Это характеризуется отношением:

$$\mu_C^{\text{ГС}} < \mu_C^{\text{Ме}} \quad (6)$$

Образование зоны нитридов в чистом железе будет происходить в соответствии с диаграммой "Fe-N".

В случае добавления в атмосферу углеродосодержащего компонента можно избежать обезуглероживания и даже получить некоторые науглероживания так, как $\mu_C^{\text{ГС}} \geq \mu_C^{\text{Ме}}$. При этом зона химических соединений образуется в соответствии с системой Fe-N-C, возможно большое разнообразие протекающих реакций.

Добавление не связанного кислорода к аммиаку позволяет осуществить реакцию



и сдвинуть отношение парциальных давлений $NH_3:H_2$ к большим величинам $\mu_0^{FC} > \mu_0^{Me}$, что приводит к растворению кислорода в диффузионном слое.

Следует отметить, что только при классическом газовом азотировании происходит однокомпонентное насыщение поверхности изделия только азотом.

Результаты и обсуждение. Применение современных методов исследования позволяют получить большое количество информации о строении азотистых слоев. Характеристики азотосодержащих слоев на сегодняшний день колеблются в следующих пределах [2]:

- V_Z – толщина нитридной зоны - $0 \div 30$ мкм;
- D_Z – толщина диффузионной зоны – 20 мкм $\div$ 1 мм.
- поверхностная твердость 200 HV $\div$ 1500 HV.

Разброс параметров диффузионного слоя вызывает также различие и в получаемых свойствах слоя.

При азотировании стали и сплавов на поверхности содержание азота колеблется от 2% до 10%. Во всех случаях на поверхности развивается $Fe_{2-3}N$ (ϵ - нитрид), за ним следует Fe_4N (γ' - нитрид) и матрице образуется твердый

раствор азота в α -железе. Все фазы образуются согласно закономерностям системы «Fe-N».

Наличие углерода в матрице изменяет состав и строение получаемого слоя. Поскольку при азотировании происходит обезуглероживания в диффузионной зоне. В процессе насыщения азотом одновременно происходит встречная диффузия углерода в зоне азотирования, которая влияет на ход диффузии азота в насыщаемой зоне, образуя слой карбонитридного характера $Fe_{2-3}(N,C)$.

При образовании нитридного слоя наличие углерода в матрице приводит в соответственно изменению параметров решетки нитридного слоя, образуя карбонитридный слой – с решеткой отличающихся с другими параметрами a , b и c решетки.

Состав зоны соединений, образующейся на углеродистых сталях при протекании процессов насыщения азотом, оказывает значительное влияние на эксплуатационные характеристики упрочненных изделий. Состав нитридной и карбонитридной зоны в зависимости от параметров атмосферы и температуры изменяется в широком интервале, которого можно описать на основе теории регулярных растворов.

Парциальная свободная энергия азота с учетом вакансий (микропоры) в ϵ - фазе, содержащий углерод, может быть выражена уравнением [3]:

$$\bar{G}_N^\epsilon = {}^0G_N^\epsilon + RT \ln \frac{y_N}{(1-y_0)-y_N} - 2y_N L_N^\epsilon + y_C (L_{CN}^\epsilon - L_C^\epsilon - L_N^\epsilon) \quad (8)$$

$$y_{N(C)} = \frac{x_{M(C)}}{1 - x_{M(C)} - x_{C(N)}} \quad (9)$$

где: ${}^0G_N^\epsilon$ – стандартная свободная энергия азота;

$L_{C(N)}^\epsilon$ – параметр взаимодействия C(N) с вакансиями в ϵ - фазе;

L_{CN}^ϵ – параметр взаимодействия между азотом и углеродом;

$x_{C(N)}$ – атомная доля C(N).

При азотировании определенной марки стали содержание углерода в составе будет известны и поэтому $(1-y_C)$ можно написать в виде параметра K_C , тогда изображение (8) и (9) можно написать в виде:

$$\bar{G}_N^\epsilon = {}^0G_N^\epsilon + RT \ln \frac{y_N}{K_C - y_N} - 2y_N \cdot L_N^\epsilon + (1 - K_C)(L_{CN}^\epsilon - L_N^\epsilon) \quad (10)$$

Известно, что:

$$L_N^\epsilon = -3703 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}}; \quad G_N - \frac{1}{2} {}^0G_N = -732,6 - 5731 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}}$$

Учитывая, что присутствие углерода в железе не приводит к резкому изменению растворимости азота в ϵ -фазе можно предположить, что: $(L_{CN}^\epsilon - L_N^\epsilon = 0)$.

В таком случае выражение (10) можно написать в следующем виде:

$$\lg \pi_N = \frac{384 + 388 \cdot y_N^\epsilon - 0,3 \cdot T}{T} + \lg \frac{y_N^\epsilon}{K_C - y_N^\epsilon} \quad (11)$$

При азотировании сталей наличие углерода в матрице значительно влияет на структуру получаемого диффузионного нитридного слоя. При азотировании в среде аммиака образуется слой карбонитридного характера. В зависимости от температуры насыщения азотом в α -железе азотный потенциал в насыщающей среды в десятичном логарифмическом значении меняется в интервале 3,5÷5,0.

С увеличением температуры насыщения значения азотного потенциала снижается. Полученное уравнение (11) дает полные возможности описать процесс азотирования конструкционных сталей содержащие различные количество углерода в своей матрице.

Это предположение можно проверить расчетами состава ε -фазы, образующейся при азотировании углеродистой стали и можно определит величина азотного потенциала для конкретной марки стали.

С целью установления необходимой активности насыщающей среды получением оптимального фазового состава диффузионного слоя, определение изменения величины азотного потенциала в зависимости от температуры насыщения в уравнение (11) решалось при различных значениях параметров процесса на ЭВМ типа «Pentium» с помощью разработанной программы Borland C++ [3].

Программа [3] может быть использована при поверхностном упрочнении стальных изделий в газовых средах с получением оптимального по составу диффузионных слоев.

В результате были получены изменения величины азотного потенциала в зависимости от температуры насыщения азотом в газовой среде Стали 20 и 45 (Рис. 1).

Из полученных зависимостей представленной на рис. 1 можно прийти к выводу, что при азотировании изменения величины азотного потенциала в зависимости от температуры насыщения изделий изготовленных из различных марок конструкционной стали подчиняется одинаковым законом изменения.

Это обстоятельство даёт полные возможности автоматическое управление азотным потенциалом и изменения его в различных стадиях процесса поверхностной

обработки металлических изделий в производственных условиях.

С целью получения диффузионных нитридных слоев с заранее заданными структурами, и соответственно необходимыми физико-химическими и физико-механическими свойствами на поверхности изделий изготовленных из конструкционных сталей можно осуществлять регулирование процессом насыщения азотом при газовом азотировании.

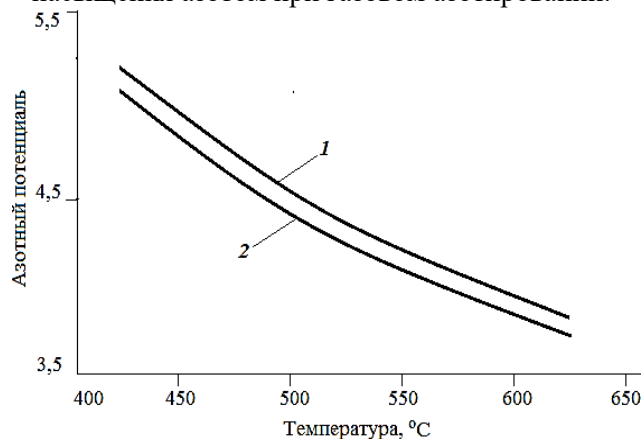


Рис.1. График изменения величины азотного потенциала в зависимости от температуры азотирования конструкционных сталей.
1-Сталь 20, 2-Сталь 45.

Заключение. В заключении следует отметить, разработанная программа [3] для определения азотного потенциала при газовом азотировании конструкционных сталей включает ввод значений абсолютной температуры, содержание углерода в матрице стали, содержание азота в диффузионном слое. Вычисление значений азотного потенциала можно применять в машиностроении, в частности при газовом азотировании для поверхностного упрочнения деталей изготовленных из конструкционных сталей с целью повышения их коррозионной стойкости и износостойкости.

Функциональные возможности программы заключаются в реализации задач установления азотного потенциала при насыщении стальных поверхностей азотосодержащими компонентами с целью улучшения их поверхностных характеристик. Реализация указанных функциональных возможностей осуществляется на основе алгоритмов оптимального, достоверного и индивидуального управления при неизвестных параметрах.

Литература

1. Лахтин Ю.М., Коган Я.Д. Азотирование стали. -М.: Машиностроение, 1976. -256 с.
2. Лахтин Ю.М., Коган Я.Д.. Структура и прочность азотированных сплавов. – М.: Металлургия, 1982. -176 с.

Рахимов Х.Ю., Негматова К.С., Негматов С.С., Сатторов А.Р. Теоретические и практические особенности различных эмульгирующих материалов и эмульсионных буровых растворов	224
Косимова М.Н. Технология получения разработанных композиционных материалов на основе местного сырья для крашения текстильных хлопчатобумажных материалов	226
Хаминов Б.Т. Вольфрам карбид кобальтти қаттиқ қотишма намуналарини зарбли абразив ейилишга бардошлигига ультрадисперс TiC кукуни микдорининг таъсирини аниқлаш	227
Анварова З.А., Султанов С.У. Разработка технологического процесса и режимов получения наполненных ацетатцеллюлозных композиций	228
Samadova L.Sh., Yakubov M.M., Yakubov O.M., Maksudxodjayeva M.S. “Olmaliq KMK” AJ rux zavodining texnogen chiqindisi bo‘lgan klinkerdan foydalanish samaradorligi	229
Abdullaeva Z.A., Jahonov F.H., Raximov X.N. Neft va gazni qayta ishlash sanoatida korroziyalanishni oldini oluvchi antikorroziyon ingibitor olish	231
Талипов Н.Х., Каттаходжаев Дж.Ю. Исследование свойств гипсоалюмосиликатных композиционных вяжущих материалов	233
Анварова З.А. Разработка технологического процесса и режимов получения пленочных композиций из ди- и триацетатов целлюлозы	236
Худойбергенов Э.Х., Талипов Н.Х. Влияние твердого отхода содового завода на свойства гидроизоляционных отделочных материалов	237
Рахимов Х.Ю., Негматова К.С., Негматов С.С., Сатторов А.Р. Исследование и разработка состава композиционных эмульгаторов на основе местного сырья и отходов производств и изучение их физико-химических и технологических свойств	239
Бозоров Д., Хурсанов А.Х., Негматов Ж.Н., Негматова К.С., Икрамова М.Э., Курбанов У.М. Методике для определения физико-химических свойств и флотационной способности разработанных композиционных химических флотареагентов	241
Анварова З.А., Султанов С.У. Практические и экономические аспекты разработанных пленочных, волокнистых и ацетатцеллюлозных композиций в производстве товаров народного потребления	243
Рахимов Х.Ю., Негматова К.С., Негматов С.С., Сатторов А.Р. Разработка научно-методических и технологических принципов получения композиционных гидрофобизирующих эмульсионных материалов из местного сырья и отходов производств	244
Бозоров Д., Негматов Ж.Н., Хурсанов А.Х., Курбанов У.М., Негматова К.С., Икрамова М.Э. Методика и устройства для проведения флотационных процессов медно-молибденовых руд	245
Негматов С.С., Эрниева Н.Б., Хурсанов А.Х., Негматова К.С., Бозоров Д., Икрамова М.Э., Бозоров А.Н., Курбанов У.М., Раупова Д.Н. Исследование процесса извлечение благородных металлов при их цианирование и сорбции	246
Рахимов Х.Ю., Негматова К.С., Негматов С.С., Сатторов А.Р. Разработка технологии получения композиционных гидрофобизирующих эмульсионных материалов на основе местного сырья и отходов производств и получение нефтеэмульсионных буровых растворов	248
Эшкobilов О.Х., Чуллиев З.Ф. Способ регулирования азотного потенциала при газовом азотировании металлических изделий	250
Barakayev N.R., Kamolova M.X., Barakayev I.R. Mahalliy no‘xat navlari donining nutrient profili va funksional-texnologik xususiyatlarini qiyosiy baholash	253
Холбозорова Д.Э., Сайдуллаева К.А., Хушвактова У.А., Хамдамов Д.Х., Икрамова М.Э. Исследование извлечения алюминия в раствор в виде сульфата алюминия при фторидной обработке с использованием фторида аммония	255
Рашидова К.Х. Синтез и исследование электрокаталитической активности биметаллического фосфида Ni-Co-P	258
Эшкobilов О.Х., Чуллиев З.Ф. Регулируемые комбинированные технологии нитроокисидирования стальных изделий	261