

Таким образом, установлен сложный характер влияния магнитного поля на скорость кристаллизации и морфологию кристаллов; определены оптимальные условия для выращивания более совершенных кристаллов азида серебра: область значений напряженности внешнего магнитного поля составляет 400÷900 Э с неоднородностью не более 1,5 %. Из полученных результатов можно заключить, что кристаллы азида серебра, выращенные в магнитном поле и хранящиеся длительное время (до 6 месяцев) не подвержены процессу старения, после чего становятся реакционноспособными, в то время как кристаллы, выращенные обычным способом, разлагаются при любых видах энергетического воздействия. Установлена высокая чувствительность к различным видам воздействия кристаллов азида серебра, выращенных в неоднородном магнитном поле. Показано, что удельная электропроводность кристаллов азида серебра увеличивается в зависимости от времени их хранения, что может быть связано с образованием серебряных кластеров на поверхности.

Список литературы

1. Кузьмина, Л. В. Физико-химические свойства кристаллов азида серебра, выращенных в постоянном магнитном поле / Л. В. Кузьмина, В. И. Крашенинин., Д. В. Добрынин, М. А. Дорохов // Материаловедение. – 2005. – № 11. – С. 17-21.
2. Сангвал, К. Травление кристаллов. Теория, эксперимент, применение / К. Сангвал. – М.: Наука. – 1990. – 496 с.
3. Neal, H. G. A microgagometric procedure / H. G. Neal // Nature. – 1953. – V. 172. – P. 30.
4. Арцимович, Л. А. Движение заряженных частиц в электрических и магнитных полях / Л. А. Арцимович, С. Ю. Лукьянов – М: Наука. – 1972. – 224 с.
5. Мокроусов, Г. М. Физико-химические процессы в магнитном поле / Н. П. Горленко, Г. М. Мокроусов – Томск: Томский университет. – 1988. – 128 с.
6. Иванов, Ф. И. О выращивании нитридных кристаллов азидов серебра и свинца / Ф. И. Иванов, Л. Б. Зуев, М. А. Лукин, В. Д. Мальцев // Кристаллография. – 1983. – Т. 28. – № 1. – С. 194-196.
7. Захаров, В. Ю. Медленное разложение азидов тяжелых металлов / В. Ю. Захаров, В. И. Крашенинин. – Томск.: Изд-во научно-технической литературы. – 2006. – 168 с.
8. Блатт, Ф. Физика электронной проводимости в твердых телах / Ф. Блатт – М.: Мир. – 1971. – 470 с.
9. Чернов, А. А. Современная кристаллография / А. А. Чернов, Е. И. Гиваргизов, Х. С. Багдасаров и др. – М.: Наука. – 1980. – Т.3. – 408 с.
10. Фридель, Ж. Дислокации / Ж. Фридель – М.: Мир. – 1967. – 643 с.

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА ГАЗОВОЙ СРЕДЫ НА ПАРАМЕТРЫ УПРОЧНЕНИЯ СТАЛИ ПРИ АЗОТИРОВАНИИ В ТЛЕЮЩЕМ РАЗРЯДЕ

А.Р. Махмудалиев¹, студент, А.К. Каримов¹, студент, И.М. Гончаренко^{1,2}, к.т.н., доц.

¹Национальный исследовательский Томский политехнический университет

634050, г. Томск, пр. Ленина 30, тел. (3822)-60-63-33

²Институт сильноточной электроники СО РАН

634055, г. Томск, пр.-т Академический, 2/3, тел. (3822)-49-13-00

E-mail: Abu5510@mail.ru E-mail: aliyor.karimov87@mail.ru

В работе были исследованы процессы азотирования стальных деталей машиностроения в плазме тлеющего разряда при замене традиционного аммиака на смесь газов, состоящую из азота, аргона и метана. Проведено сравнение параметров азотированных слоев в зависимости от состава рабочей среды и длительности обработки. Оценены технологические параметры и возможности применения метода в реальном производстве.

In the work, the processes of nitriding of steel parts of machine building in a glow discharge plasma were investigated when traditional ammonia was replaced by a mixture of gases consist of nitrogen, argon and methane. The parameters of the nitrided layers are compared depending on the composition of the working environment and the processing time. The technological parameters and possibilities of application of the method in real production are estimated.

Вопросы увеличения твердости и прочности рабочих поверхностей стальных деталей всегда были наиболее актуальными в различных областях машиностроения. В частности, получение требуемого комплекса упрочнения конструкционных сталей можно реализовать с помощью азотирования. Традиционно газовое (или ионное, с применением электрических разрядов) азотирование сталей проводят в азото-водородной среде на основе диссоциированного аммиака. В плазме тлеющего разряда на чистом азоте недопустимо присутствие кислорода, ввиду формирования в процессе нагрева оксидных пленок на поверхности обрабатываемых стальных деталей, препятствующих насыщению. Изменение концентрации водорода в азотно-водородной смеси в пределах от 1:9 до 9:1 практически не влияет на структурно-фазовые параметры диффузионного слоя. Процесс ионного азотирования в водородосодержащих средах (аммиак, смесь азота с водородом) достаточно хорошо изучен в отечественной и зарубежной литературе [1 – 5]. Водород, являясь хорошим восстановителем, оказывает существенное влияние на кинетику формирования азотированного слоя, интенсифицируя (ускоряя) процесс. Однако в современных условиях обработки материалов наиболее востребованными являются технологические мероприятия по оптимизации параметров, как самих процессов, так и поиску эффективных методов, обеспечивающих безопасность, экологию и производительность.

В предлагаемой работе представлены экспериментальные результаты изучения технологических особенностей и физических процессов азотирования сталей в тлеющем разряде при замене традиционного аммиака на менее опасную и более доступную газовую смесь «азот-аргон-метан». Забегая вперед, следует отметить, что полученные новые результаты перспективны для реального практического применения.

Приводятся сравнительные данные процессов упрочнения в тлеющем разряде, как в части исследования явлений и закономерностей, происходящих в плазме, так и в части изменения свойств поверхности обрабатываемых материалов.

В качестве материала исследований использовались точеные шайбы диаметром ~40 мм и высотой ~10 мм из стали марки 40X состава C=0.4%, Mn=0.5%, S=0.03%, Si=0.22, P=0.035%, Ni=0.31%, Cr=0.8-1.0%, Cu=0.3% (массовые проценты).

Были выявлены закономерности влияния режимов обработки на толщину и структуру поверхностных слоев экспериментальных образцов после азотирования по разным режимам. Данные исследования проводили путем измерения значений микротвёрдости и с помощью рентгеноструктурного анализа.

Для формирования газоразрядной плазмы тлеющего разряда была использована вакуумная камера установки НШВ-9.18/БИЗ. Поскольку установка рассчитана на обработку в тлеющем разряде промышленных деталей большой массы (от 10 до 600 кг) при температуре T~500 °C, экспериментальные образцы закладывали вместе с партией макетных деталей, чтобы обеспечить реальные характеристики работы оборудования в целом. Массу, габариты и конфигурацию макетных деталей не меняли на протяжении всего эксперимента и использовали многократно, чтобы сохранить единые условия обработки. Общая масса деталей вместе с катодной оснасткой установки во всех экспериментах сохранялась неизменной и составляла ~100 кг. В качестве рабочего газа использовали диссоциированный аммиак (NH₃), а также смесь азота, аргона и метана (N₂ 75%, Ar 20%, CH₄ 5%). Для снятия температурных зависимостей в камере была установлена «хромель-капельная» термопара. Давление газа (аммиак или смесь азота, аргона и метана) в рабочем пространстве вакуумной камеры регулировалось в пределах 1,0–600 Па путем изменения газового потока с помощью системы напуска и при постоянной скорости откачки. При давлении ниже 1,0 Па тлеющий разряд перестает существовать. При давлениях выше 600 Па тлеющий разряд переходит в дуговую форму за счет увеличения плотности тока, вызванного интенсивной ионизацией рабочей среды. Нагрев деталей, находящихся под катодным (отрицательным) потенциалом, в тлеющем разряде зависит от целого ряда параметров. Примерно 80% энергии разряда превращается на катоде в тепло и существенно зависит от давления рабочего газа в вакуумной камере [6].

В настоящей работе была предпринята попытка исследовать кинетику нагрева стальных деталей в зависимости от составов газов, управляя только изменением давления. По полученным данным были построены зависимости кинетики нагрева стальных деталей в зависимости от состава насыщающей среды. На основе этих кинетических кривых была представлена результирующая диаграмма динамики нагрева в плазме тлеющего разряда при постоянном напряжении в зависимости от применяемой азотосодержащей среды (рис.1.) с ростом величины давления.

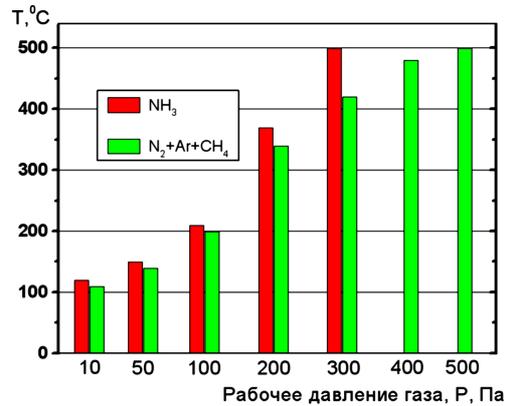


Рис.1. Влияние состава азотсодержащей газовой смеси при увеличении значений рабочего давления на температуру нагрева деталей при постоянном значении напряжения разряда $U = -500$ В.

Анализ результатов измерения микротвердости поверхностных слоёв выявил следующую особенность упрочнения стали после азотирования в разных по составу насыщающих средах. Протяженность слоев повышенной твердости, сформировавшихся после 8 часового азотирования в плазме тлеющего разряда без аммиака (в тройной газовой смеси азот – аргон - метан), почти на 10-15 % ($h \sim 340 - 360$ мкм) превышает толщину упрочненных слоев за те же 8 часов, полученных после азотирования в диссоциированном аммиаке. При этом значения твердости непосредственно на самой поверхности образцов остаются без изменения ($HV = 7,5-8,0$ ГПа) и не зависят от состава среды.

На дифрактограмме поверхности исходного образца из стали 40X видна кристаллическая структура, характерная только для Fe- α (ОЦК, феррит). Другие рефлексы не обнаруживаются, либо их интенсивность находится на уровне фонового «шума». Параметр кристаллической решётки, измеренный в направлении нормали к исследуемой поверхности составляет $a_{\perp} = 2.8690 \pm 0.0005$ Å.

На дифрактограмме (рис.2) поверхности образца 40X после азотирования в тройной азотсодержащей смеси без аммиака ($75\%N_2 + 20\%Ar + 5\%CH_4$) при температуре $T = 500$ °C в течении 10 часов обнаружены рефлексы ϵ -фазы и γ' -фазы, характерные для азотированных слоев. Кроме того, здесь явно наблюдаются карбонитридные варианты этих фаз $Fe_{2-3}(C,N)$, $Fe_4(C,N)$, а также фазы, состоящие из карбидов и карбонитридов хрома Cr_3C_2 , $Cr_2(C, N)$. Полученные данные свидетельствуют, что вследствие обработки в смеси азота, аргона и метана происходит интенсивная диффузия углерода в приповерхностные слои образца и обогащение γ' -фазы углеродом. Здесь присутствует незначительная доля сложного оксида $Fe(Cr)_3O_4$. Исходная кристаллическая структура Fe- α (ОЦК) с параметром $a_{\perp} = 2.8747 \pm 0.0007$ Å также сохраняется.

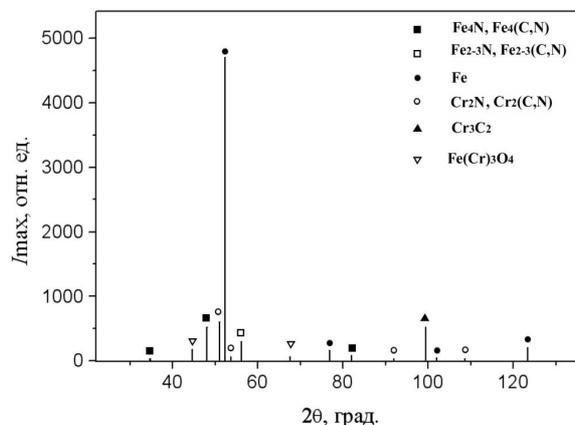


Рис.2. Схема дифрактограммы образца из стали 40X после ионного азотирования в плазме тлеющего разряда в среде тройной азотсодержащей смеси без аммиака ($75\%N_2 + 20\%Ar + 5\%CH_4$). Температура $T = 500$ °C, время $t = 10$ часов.

В работе [1] на примере классической газовой нитроцементации в смеси аммиака с пропаном было отмечено, что при одновременной диффузии азота и углерода в сталь различие параметров решетки твердого раствора и формирующихся на поверхности ϵ и γ' -фаз менее значительное по сравнению с насыщением стали только азотом. Поэтому карбонитридные фазы, получаемые при одновременном диффузионном процессе углерода и азота, по сравнению с диффузией чистого азота, получаемого из аммиака, менее хрупкие и обладают повышенной износостойкостью.

Из представленных экспериментальных данных можно судить о положительном влиянии замены аммиака на тройную смесь (азот-аргон-метан) для процесса азотирования в тлеющем разряде. Технологические этапы, основные электрофизические параметры, а также продолжительность процессов азотирования в тлеющем разряде, как в аммиаке, так и в смеси газов «азот-аргон-метан» практически идентичны. Принципиальное отличие состоит только в величинах рабочего давления, необходимого для достижения максимальной плотности тока и температуры насыщения. Для аммиачной среды величина давления составляет $P=330$ Па, для тройной смеси без аммиака – $P=500$ Па для нагрева обрабатываемых деталей до температуры $T=500$ °С. Анализ результатов измерения микротвердости показал, что по скорости формирования упрочненного слоя ионное азотирование в среде газовой смеси ($75\%N_2 + 20\%Ar + 5\%CH_4$) имеет явное преимущество перед традиционным ионным азотированием в аммиаке. Кроме того, данный метод более экономичен и безопасен, по сравнению с азотированием в аммиаке.

Список литературы

1. Лахтин Ю.М., Коган Я.Д. и др. Теория и технология азотирования. М.: Металлургия, 1991, 320с.
2. Арзамасов Б.Н. и др. Ионная химико – термическая обработка сплавов. М.: Изд. МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1999, 400с.
3. Лахтин Ю.М., Коган Я.Д. Структура и прочность азотированных сплавов. М.: Металлургия, 1982, 192с.
4. Абдулин И.Ш., Ибрагимов Г.Н. и др. Установка для ВЧ – плазменной обработки. Тез. докладов VI конф. по физике газового разряда. Казань, 23 – 24 июня 1992, ч2, с.117 - 118.
5. Панайоти Т.А. Создание максимальной насыщающей способности газовой среды при ионном азотировании сплавов. ФХОМ, 2003, №4, с.70 –78
6. Капцов Н.А. Электрические явления в газах и вакууме. –М.-Л.: Гостехиздат, 1950. –807 с.

ВЫБОР МАТЕРИАЛА ФИЛЬТРА НА ОСНОВЕ СВС-МЕХАНОКОМПОЗИТОВ ДЛЯ РАФИНИРОВАНИЯ КРЕМНИЯ

*А. В. Собачкин, к.т.н., с.н.с., А. Ю. Мясников, аспирант
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова
656038, г. Барнаул, пр. Ленина 46, тел. 8 (3852) 29-08-15
E-mail: anicpt@rambler.ru*

Работа посвящена подбору материала фильтра, получаемого с применением технологий механической активации и самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС), а также установлению возможности протекания реакции в режиме СВС между выбранными компонентами.

The work is devoted to the selection of the filter material obtained with the use of the technologies of mechanical activation and self-propagating high-temperature synthesis (SHS), as well as the establishment of the possibility of the reaction in the SHS mode between the selected components.

Современное состояние металлургии характеризуется коренным изменением масштаба производства качественного металла. Развитие машиностроения и других металлопотребляющих отраслей во всех странах предопределяет разнообразные мероприятия, проводимые металлургами с целью повышения чистоты производимых сплавов. Наряду с широко известными способами рафинирования в последние десятилетия широкое применение получил относительно новый для металлургической отрасли фильтрационный метод очистки металлов и сплавов, отличающийся высокой эффективностью и доступностью, поскольку не требует для его реализации больших капитальных вложений и при этом легко вписывается в существующие технологические процессы. Суть этого способа состоит в пропускании металлического расплава через фильтрующее устройство, при прохождении через который в результате физико-химических, адгезионных и адсорбционных, механических и других явлений происходит рафинирование металлического расплава от неметаллических включений и вредных примесей [1].