

Список использованных источников

1. Абдуллин, И. Ш. Высокочастотные разряды пониженного давления в плазмохимических процессах // Вестник Казанского технологического университета. 2010. – № 4.
2. Крылова, Т. Н. Интерференционные покрытия Л. Машиностроение. – 1973. – 224 с.

УДК 621.785.532

Установки ионно-плазменного азотирования с «теплыми» и «холодными» стенками

Юрьев В. Д., студент

Белорусский национальный технический университет

Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: канд. физ.-мат. наук, доцент

Босяков М. Н.

Аннотация:

В данной статье будут рассматриваться установки для химико-термической обработки – ионно-плазменного азотирования, которое происходит в вакуумных камерах с «горячими» или «холодными» стенками, а также будут рассмотрены экономические решения для уменьшения затрат на электроэнергию для двух типов камер.

В настоящее время все более популярным способом окончательной химико-термической обработки в промышленности является – ионно-плазменное азотирование под вакуумом. Данный метод обработки наиболее предпочтительней по сравнению с его предшественником – печного газового азотирования, поскольку, при использовании печей необходимо учитывать состав атмосферы, которая также влияет на микроструктуру и толщину обрабатываемых деталей. Высокая активность азота приводит к образованию толстого слоя с большой пористостью. Пониженная активность азота приводит к образованию более плотного поверхностного слоя. В то время как, при использовании вакуумной камеры, есть возможность обрабатывать

детали в обезгаженной среде и контролировать процесс напуска азота в рабочий объем.

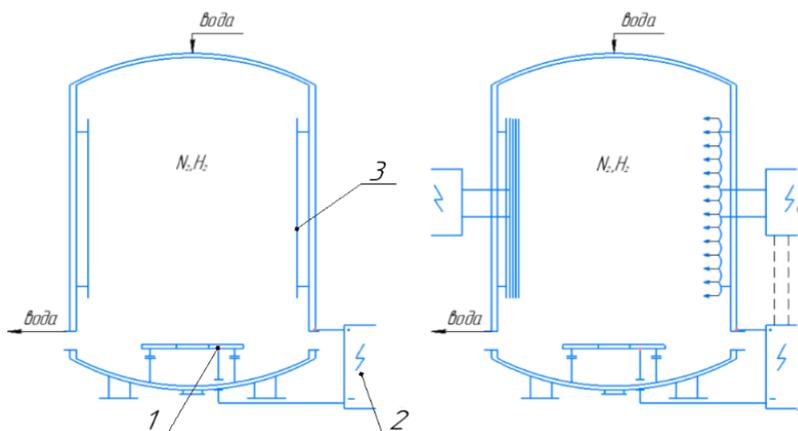
Данный метод наиболее предпочтительней по сравнению с цементацией, поскольку:

1. Ионно-плазменное азотирование придает поверхности детали высокую твердость и износостойкость, которые сохраняются при нагреве до 550–600 °С. В то время, когда при цементации детали могут сохранять свои рабочие свойства только при температуре 200–250 °С.

2. Температура азотирования на 350–400 °С ниже, чем при цементации.

3. Размер обрабатываемой детали остается практически неизменным, что позволяет снизить трудоемкость обработки, то есть, не требуются проводить дополнительные механические обработки.

В качестве установок могут использоваться камеры с «теплыми» или «холодными» стенками (рисунок 1).



«холодная» стенка

«горячая» стенка

1 – катод; 2 – элемент питания; 3 – анод.

Рис. 1 – Схематичное изображение вакуумных камер

Установки ионного азотирования состоят из следующих основных элементов: вакуумной камеры, вакуумной системы (агрегаты откачки, клапаны, затворы), блока питания, элемент подачи рабочих газов, панель управления [1].

Вакуумная установка с «холодными» стенками (рисунок 1) предусматривает в самой конструкции двух- или трехслойный теплозащитный экран. Данный экран не позволяет протекать теплообмену между окружающей средой, что обеспечивает постоянство температуры в рабочем объеме. Нагрев садки в данной установке осуществляется с помощью тлеющего разряда, который обеспечивает температуру в данном объеме до 600 °С.

В установках с «горячими» стенками (см. рисунок 1), нагрев садки деталей комбинированный – частично нагрев осуществляется от стенок и частично от тлеющего разряда. Первоначально разогревается деталь от стенки камеры до 200–300 °С, а при достижении определенного вакуума к нагреву подключается тлеющий разряд и происходит комбинированный нагрев. По истечению заданного времени нагрев стенок отключается.

Для повышения скорости охлаждения после азотирования применяется: внутрикамерный вентилятор, который обеспечит ускоренное охлаждение после химико-термической обработки.

В источнике [2] произвели расчет и экспериментальное исследование теплообмена между экранами в вакуумной камере и садками. Данная камера имела следующие размеры: высота – 1250 мм, диаметр – 950 мм и загрузка камеры около 1000 кг. Мощность разряда – до 50 кВт, сила тока – 95 А, максимальное напряжение тлеющего разряда – 700 В, установку разогревали до температуры 600 °С. Исходя из геометрических параметров камеры, выяснилось, что при использовании одно- или двухслойного теплозащитного экрана удельная мощность при обработке на стадии разогрева составляет 35–36 Вт/кг, а при использовании трехслойного теплозащитного экрана всего 23–24 Вт/кг. Из этого следует, что при наличии в камере трех теплозащитных экранов снижаются затраты на электроэнергию на стадии разогрева на 30–90 %. На рисунке 2 продемонстрирован график изменения электрической мощности в зависимости от количества теплоизолирующих стенок.

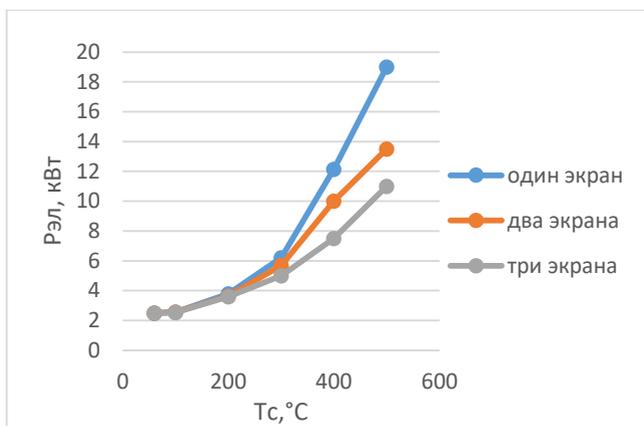


Рис. 2 – График электрической мощности в зависимости от количества используемых экранов

При обработке деталей с различной загруженностью рабочей камеры установлено, что чем полнее загружена камера, тем меньше расход электроэнергии необходимой для обеспечения глубины азотированного слоя: при этом энергозатраты составляют 0,6–1,6 кВт·ч/кг в зависимости от загрузки камеры при температуре садки 525–530 °С. На рисунке 3 приведен график расхода удельной электроэнергии при обработке шестерен с внутренним зубом в камере с загрузочными габаритами – диаметром 950 мм и высотой загрузки – 1800 мм [2].

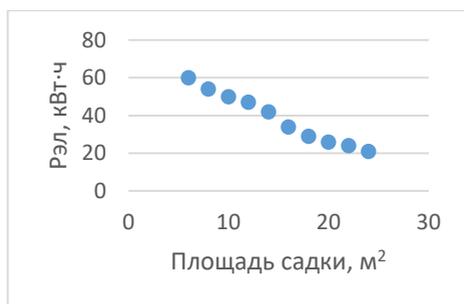


Рис. 3 – Зависимость удельной мощности разряда на выдержке от величины площади поверхности садки

Исходя из рассмотренных установок для ионного азотирования с камерами с «горячими» и «холодными» стенками, то при эксплуатации вакуумной камеры с «холодной» стенкой для повышения производительности процесса, а как следствие, температуры в вакуумной камере. Для этого на стадии разогрева необходимо повышать мощность тлеющего разряда, что может привести к увеличению дугообразования, что задержит темп разогрева и приведет к нарушению целостности поверхностного слоя детали, следовательно, детали будут непригодны как к последующим механическим обработкам, так и в использовании их в различных агрегатах. Исходя из этого вакуумная установка с «горячими» наиболее предпочтительна в данном случае, так как дополнительный нагрев деталей обеспечивается разогретыми стенками камеры.

Список используемых источников

1. Босяков М. Н., Моисеенко А. Н. Выбор режима обработки на установках ионного азотирования // Современные методы и технологии создания и обработки материалов: Сб. науч. трудов. Кн. 2. «Технологии и оборудование механической и физикотехнической обработки». – Минск: ФТИ НАН Беларуси, 2016. – С. 50–58.

2. Босяков М. Н., Бондаренко А. С., Бондаренко С. В., Жук Д. В., Матусевич П.А. Применение ионно-плазменных технологий химико-термической обработки – путь к повышению энергоэффективности термических процессов // Теория и практика энергосберегающих термических процессов в машиностроении. МНТК, Минск, 19–21 ноября 2008 г. / Минск, 2008. – С.110–115.