

тель – начинается сегмент программы «разогрев». По мере повышения температуры садки в камере увеличивается подача газов и величины электрической мощности на формирование тлеющего разряда – то есть разогрев садки осуществляется от стенок муфеля, нагреваемых резистивным нагревателем и тлеющим разрядом. Контролируемой величиной является скорость разогрева садки, которая, в зависимости от массы садки, составляет 3–1,5 градуса в минуту. После достижения садкой температуры 930 °С, начинается сегмент программы обработки «выдержка» который характеризуется постоянством давления, температуры садки и расходов газа. На данном сегменте откачка камеры может проводиться либо по основной магистрали с Ду = 50 мм либо по дополнительной магистрали с Ду = 20 мм в зависимости от заданного рабочего давления и суммарного расхода газа, который зависит от обрабатываемой площади.

УДК 621.762.4

Опиок А.А.

УСКОРЕННОЕ ОХЛАЖДЕНИЕ САДОК В УСТАНОВКАХ ИОННОЙ ЦЕМЕНТАЦИИ

Белорусский национальный технический университет

г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: к.ф-м.н., доцент Босяков М.Н.

В настоящее время наряду с ионно-плазменным азотированием интенсивно развивается другое направление плазменной химико-термической обработки (ХТО) – ионная цементация, являющаяся энергосберегающей технологией в условиях серийного производства. Ионно-плазменная цементация – это высокотемпературная химико-термическая обработка (температура процесса 900–1020 °С) деталей в тлеющем разряде с подогревом стенок камеры установки или муфеля радиационным способом, обеспечивающая диффузионное насыщение поверхностного слоя углеродом при давлении 300–1500 Па. При ИПЦ в граничном слое детали создается высокий градиент концентрации углерода, недостижимый при газовой цементации, а скорость роста науглероженного слоя составляет 0,2–

0,5 мм/ч, что в 3–5 раз превышает показатель для других способов цементации, например, традиционной газовой, в шахтных печах или проходных агрегатах.

Ионную цементацию наиболее эффективно можно использовать в следующих случаях:

- для формирования глубоких (3...10 мм) цементованных слоев, что позволит минимум в два раза сократить длительность процесса науглероживания и в существенной степени сэкономить электроэнергию и расход насыщающей среды;

- при науглероживании изделий из никельсодержащих сталей, закалку которых обычно проводят с повторного нагрева – в данном случае сокращается как время науглероживания, так и время остуживания садки в случае использования системы ускоренного охлаждения:

- при науглероживании изделий, на которых впоследствии проводится не объемная, а ТВЧ-закалка отдельных частей деталей – в данном случае положительный эффект такой же, как и при цементации изделий из никельсодержащих сталей, либо, когда после науглероживания проводится механическая обработка деталей, а затем закалка их с повторного нагрева.

В установках ионной цементации в рабочей вакуумной камере должна быть система резистивного нагрева и теплоизоляция на базе современных волокнистых мулитокремнеземистых материалов, имеющих низкий коэффициент теплопроводности в области температур 800–1000 °С. Поскольку камеры имеют теплоизоляцию, то, естественно, процесс остывания садки деталей с рабочей температуры, например, 930 °С до температуры 200 °С будет длиться достаточно долго – порядка 18–20 часов (рисунок 1), что нивелирует положительный эффект этой технологии – высокую скорость насыщения стали углеродом.

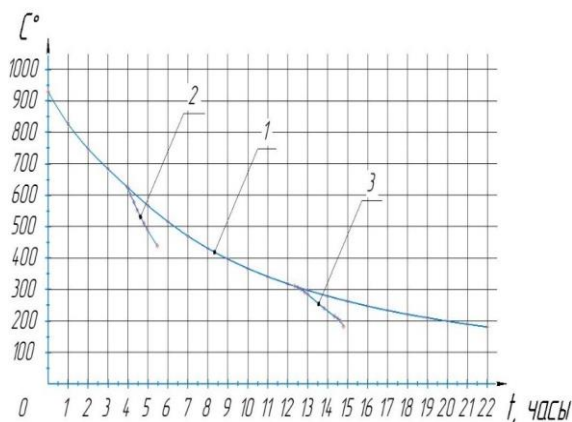


Рис. 1. Естественное (1) и ускоренное (2, 3) охлаждение садки

Следовательно, камера должна быть также оснащена системой ускоренного охлаждения, которая может быть реализована путем помещения внутрь камеры центробежного вентилятора (рисунок 2), который должен работать после подсуживания садки до температуры ниже температуры закалки (например, до 700 °С) при подаче в камеру азота до давления на уровне 0,7–0,8 от атмосферного.



Рис. 2. Крыльчатка центробежного вентилятора

Согласно [1], при температуре 700°С окружная скорость вращения крыльчатки должна быть на уровне 30 м/с. Для обеспечения такой скорости вращения диаметр крыльчатки составляет 430 мм, а частота вращения – до 1000 оборотов в минуту. Учитывая, что в условиях реального производства степень загрузки камеры может варьироваться в достаточно широких пределах, система ускоренного охлаждения предусматривает вариацию частоты вращения крыльчатки и давления азота в вакуумной камере.

Из приведенного графика можно получить среднюю скорость охлаждения. Для естественного охлаждения (1) средняя скорость

охлаждения 0,7 °С/мин, а для охлаждения с вентилятором (2, 3) 6,7 °С/мин и 2,1 °С/мин, соответственно.

Из полученных данных можно сделать вывод, что применение ускоренного охлаждения центробежным вентилятором в атмосфере азота в температурном диапазоне 700–450 °С позволяет увеличить скорость охлаждения в 2,5 раза по сравнению с естественным охлаждением, а на участке 300–200°С скорость охлаждения увеличивается в 4 раза.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кацевич Л.С. Расчет и конструирование электрических печей. – М.: Государственное энергетическое издательство. 1959. – 440 с.

УДК 621.793

Панок Е.О.

ТЕХНОЛОГИЯ НАНЕСЕНИЯ ПОКРЫТИЙ TiN, TiAlN НА ЛОПАТКИ ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Белорусский национальный технический университет

г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: ст. преподаватель Орлова Е.П.

Компрессорные лопатки являются ответственными деталями газотурбинного двигателя. После длительной эксплуатации они подвергаются коррозионному, эрозионному и усталостному разрушению.

Для повышения надежности и ресурса работы компрессорных лопаток разрабатываются новые марки коррозионностойких высоколегированных сталей и титановых сплавов, а также за счет применения защитных покрытий.

Защитные покрытия должны обладать высокой прочностью, пластичностью, вязкостью, коррозионной и эрозионной стойкостью, а также адгезионной прочностью с основой. Этими свойствами обладают ионно-плазменные покрытия нитридов титана, нанесенные методом катодно-ионной бомбардировки (КИБ).