

Для объединения производственных корпусов с компрессорными необходима прокладка трубопровода, где для нормальной работы системы, было бы достаточно и 50 мм в диаметре, однако, для создания необходимого объёма и обеспечения необходимым запасом сжатого воздуха потребителя, должна быть осуществлена прокладка двух трубопроводов диаметром по 110 мм. Так же, для корректной работы системы, необходима установка компрессора с частотным преобразователем, с регулированием числа оборотов (т. е. поддержания необходимого давления с помощью изменения числа оборотов вращения двигателя).

Для функциональности системы, после проведения модернизации потребуется замена блоков управления на трёх компрессорах в компрессорной номер 1, т. к. старые блоки управления Elektronikon 1, в силу своего морального устаревания (2005-ый год выпуска, ровно, как и компрессора), оказались несовместимы со станцией управления компрессорами ЕС 6 (2009-ый год выпуска).

Проведя данную модернизацию, мы избавим себя от решения проблемы о расположении ресивера, а также получим преимущество в обеспечении надёжности обеспечением сжатым воздухом двух производственных корпусов тем самым повысив производительность.

УДК 621.521

Опиок А. А.

ВАКУУМНЫЕ СИСТЕМЫ УСТАНОВОК ПЛАЗМЕННОЙ ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Белорусский национальный технический университет,

г. Минск, Республика Беларусь

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

доцент Босяков М. Н.

Плазменная химико-термическая обработка – азотирование, цементация и нитроцементация осуществляемые в тлеющем разряде в азот и углеродсодержащих средах, является сейчас в промышленно развитых странах мира широко используемым методом поверхностного упрочнения. Для реализации процесса упрочняющей обработки плазменным методом в ряде стран (Германия, Австрия, США, Япония, Болгария, Бразилия, Китай, Беларусь и др.) производится высо-

котехнологичное автоматизированное оборудование – установки ионного азотирования и ионной цементации. Вакуумная система установок состоит либо только из форвакуумного насоса (золотникового или пластинчато-роторного) либо из откачного агрегата, включающего последовательно соединенные форвакуумный насос и двухроторный насос (насос Рутса), вакуумной магистрали и соответствующих клапанов – электромагнитных либо электропневматических.

Время первичной откачки камеры до рабочего давления (так называемый неустановившийся режим работы) зависит от производительности откачного агрегата (насоса), объема вакуумной камеры установки, длины вакуумной магистрали и ее диаметра. Диапазон рабочих давлений установок – от 100 до 800 Па при ионном азотировании и 400–1500 Па при ионной цементации, т. е. это диапазон низкого вакуума и вязкостного режима течения газа [1]. Соответственно, давление в камере, расход газа и параметры откачной магистрали (длина магистрали и диаметр трубы) находятся в жесткой взаимосвязи [1]:

$$p_{\text{атм}} G_{\text{газа}} = p_{\text{раб}} S_{\text{эф}},$$

где $p_{\text{атм}}$ – атмосферное давление (при нормальных условиях это $1013 \cdot 10^2$ Па);

$G_{\text{газа}}$ – объемный расход газа при нормальных условиях (л/ч либо $\text{м}^3/\text{с}$);

$p_{\text{раб}}$ – рабочее давление в камере (Па);

$S_{\text{эф}}$ – эффективная скорость откачки системы «насос + вакуумная магистраль» ($\text{м}^3/\text{с}$ либо л/с).

Эффективная скорость откачки определяется выражением [1]:

$$\frac{1}{S_{\text{эф}}} = \frac{1}{S_{\text{н}}} + \frac{1}{U_{\text{маг}}},$$

где $S_{\text{н}}$ – скорость откачки насоса;

$U_{\text{маг}}$ – проводимость вакуумной магистрали.

Изменение давления в камере при заданном расходе газа может осуществляться изменением производительности откачной системы за счет вариации частоты вращения двухроторного насоса, если используется откачной агрегат [2]. Если же в вакуумной системе используется только один форвакуумный насос, то, согласно (1) и (2), изменение

расхода газа влечет за собой и изменение давления в рабочей камере, что ограничивает технологические возможности оборудования.

В [3] показано, что при ионном азотировании поглощение азота в первые часы изотермической выдержки составляет до $2,5 \text{ л/час} \cdot \text{м}^2$, что при больших обрабатываемых площадях требует расхода азота на уровне 100 и более литров в час. Следовательно, вакуумная система установок для обработки больших площадей деталей должна оснащаться откачными агрегатами с большой производительностью, например, АВР-150-63, который состоит из последовательно соединенных насосов – пластинчато-роторного 2НВР-250Д и двухроторного насоса НВД-600 или АВР-150, состоящего из золотникового насоса АВЗ-20Д и двухроторного насоса НВД-600. В [4] приведены зависимости скорости откачки агрегатов на базе двухроторных насосов НВД-200 и НВД-600: определяющим фактором является именно скорость откачки двухроторного насоса.

Путем изменения частоты вращения ротора можно в широких пределах управлять скоростью откачки вакуумного агрегата и эффективной скоростью откачки системы «насос-вакуумная магистраль», что обеспечивает независимое управление расходом газа и скоростью откачки, и, следовательно, давлением в камере.

На рисунке 1 представлена зависимость скорости откачки агрегатов из АДВАВАС -75 + ДВН-50 и АВЗ-20Д + НВД-600 в безразмерном виде, где максимальная частота 50 Гц соответствует максимальной производительности, т. е. единице.

Таким образом, использование в установках плазменной обработки откачного агрегата, состоящего из последовательно соединенных форвакуумного (пластинчато-роторного либо золотникового) и двухроторного насосов типа ДВН (или аналогичных) и частотного преобразователя для вариации частоты вращения двухроторного насоса обеспечивает достаточно широкий диапазон управления эффективной скоростью откачки. Это позволяет проводить процессы азотирования, цементации и нитроцементации, как при низком давлении и большом расходе газа, так и при высоком давлении в камере при относительно небольших расходах плазмообразующего газа. Все эти факторы в целом обеспечивают широкие пределы параметров процессов плазменной обработки по величине площади обрабатываемых деталей, минимизацию расхода активных газов и электроэнергии для питания вакуумных насосов, поскольку

с ростом скорости откачки насоса увеличивается соответственно и мощность электродвигателя.

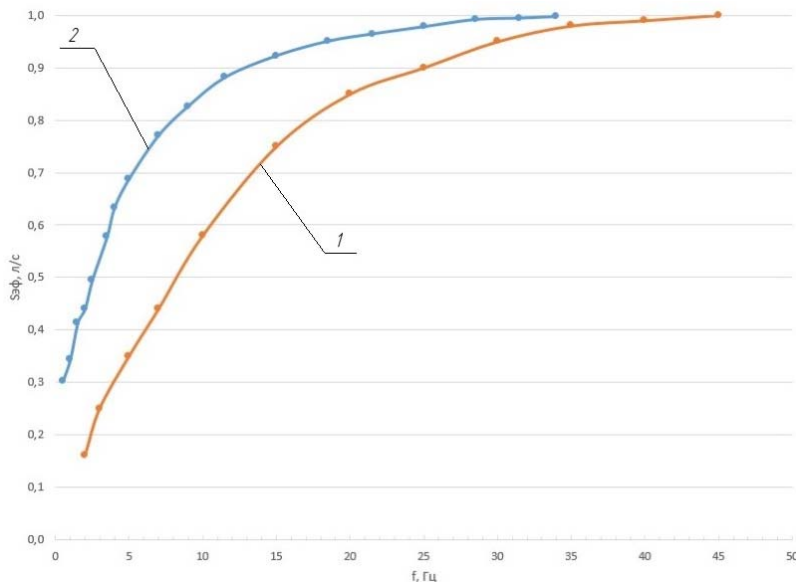


Рисунок – 1 Относительная зависимость эффективной скорости откачки агрегатов ADVAVAC-75 + ДВН-50 (1) и АВЗ-20Д + НВД-600 (2)

Как видно из представленных зависимостей, использование в составе откачного агрегата насоса ДВН-50, обеспечивает более плавное и глубокое изменение скорости откачки при уменьшении частоты питающего электродвигатель напряжения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Л. Н. Розанов. Вакуумная техника / Л. Н. Розанов. М.: Высш. шк., 2007. – 320 с.
2. М. Н. Босяков, А. А. Козлов. Газодинамические характеристики тлеющего разряда при ионном азотировании. Наука и техника. т. 17, № 5 (2018), с. 367–377.
3. M. N. Boryakov, A. A. Kozlov, I. L. Pobol. - Nitrogen transfer during ion nitriding, Surface Engineering, 2015, 3, p. 3–10
4. Агрегат АД-150/63. nprom.ru/nasos-avd-150-63.html