

1) Участки окраски (до 3 м<sup>3</sup>/мин. воздуха, на каждый участок), где сжатый воздух используется непосредственно в окрасочных камерах, а также для пневматических насосов.

2) Участок литья, на котором сжатый воздух используется для приготовления газовой-воздушной смеси для запальников газовых горелок печей литья, а также в пневмоприводах различных механизмов.

3) Участки прессования, где главным образом сжатый воздух необходим для приведения в движение механизмов, работающих с использованием пневмоцилиндров.

4) Участки анодирования, где сжатый воздух используется в пневмоцилиндрах для прижима тарверс с профилем при проведении гальванических процессов, а также для пневматических насосов.

5) На всех участках завода сжатый воздух используется в различных пневмоинструментах, таких как шлифовальные машины, дрели, шуруповёрты, фрезеры, а также инструменты для обработки матриц, еще сжатый воздух необходим для сдува стружки на станках.

УДК 621.52

Опиок А. А.

## **ТРЕБОВАНИЯ К ГЕРМЕТИЧНОСТИ ВАКУУМНЫХ КАМЕР УСТАНОВОК ИОННОГО АЗОТИРОВАНИЯ**

*БНТУ, г. Минск*

*Научный руководитель: канд. физ.-мат. наук, доцент Босяков М. Н.*

Требования к герметичности вакуумных камер различных вакуумных систем формулируются с учетом условий их дальнейшей эксплуатации. Для вакуумной системы, работающей под непрерывной откачкой, задается рабочее давление  $P_{РАБ}$ , при котором должен осуществляться технологический процесс. Для эффективного использования откачных средств необходимо обеспечить предельное давление:

$$P_{ПР} \geq 0,1P_{РАБ} \quad (1)$$

Предположим, что вакуумная система хорошо обезгажена, а газовой выделением можно пренебречь по сравнению с натеканием, тогда до-

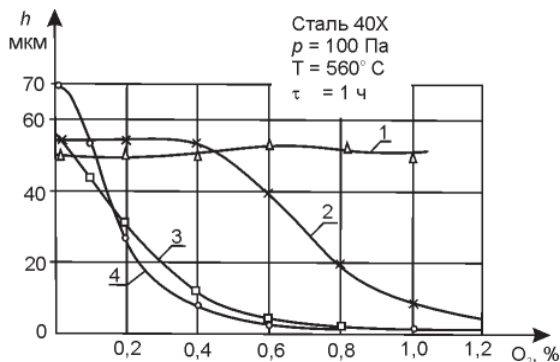
пустимый газовый поток, поступающий через все течи, имеющиеся в вакуумной установке[1]:

$$Q_{\text{H}} \leq P_{\text{ПР}} S_0 = 0,1 P_{\text{РАБ}} S_0 \quad (2)$$

где  $S_0$  – быстрота откачки объекта.

Рассмотрим, может ли это требование применяться к вакуумным камерам установок ионного азотирования. Рабочий диапазон давлений в камере при ионном азотировании составляет обычно 100-500 Па, а эффективная быстрота откачки - на уровне  $25 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$ . Тогда величина  $Q_{\text{H}}$ , рассчитанная по формуле (2), будет равна соответственно (0,25-1,25)  $\text{м}^3/\text{с}$ , что значительно превышает значение параметра «допустимое натекание в вакуумную камеру»  $A=5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3 \text{ Па}/\text{с}$ , задаваемого для вакуумных камер установок ионного азотирования.

При ионном азотировании в безводородных средах (например, в смеси азота и аргона) насыщающая смесь должна быть тщательно очищена от примесей кислорода, пассивирующего азотируемую поверхность. Исследования, проведенные в графике показывают (рисунок 1), что наличие в насыщающей среде 1% кислорода практически прекращает процесс азотирования.



1 – аммиак; 2 – 99 об.% N<sub>2</sub> + 1 об.% H<sub>2</sub>; 3 – 100 % N<sub>2</sub>; 4 – 75 об.% N<sub>2</sub> + 25 об.% Ar

Рисунок 1 – Зависимость глубины азотированного слоя при ионном азотировании стали 40X от содержания кислорода в различных насыщающих средах

Нижняя граница концентрации кислорода, при которой не снижается интенсивность процесса диффузионного насыщения, составляет 0,01%. В большинстве случаев, как правило, применение безводородных газовых смесей при ионном азотировании требует тщательной их очистки от кислорода. Рассчитаем величину допустимого натекания с учетом того, что в проникаемом через уплотнения в вакуумную камеру воздухе находится только 20% кислорода. Расчет будем проводить для различного расхода газа – от 10 до 200 литров в час, а границу концентрации кислорода примем на уровне 0,01 %. Данные расчета приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Расчетные значения допустимого натекания воздуха в камеру в зависимости от расхода газа

Расход плазмообразующего газа, л/час	Натекание воздуха, л/час	Натекание воздуха, м <sup>3</sup> Па/с
10	0,005	$1,4 \cdot 10^{-4}$
20	0,01	$2,8 \cdot 10^{-4}$
40	0,02	$5,6 \cdot 10^{-4}$
60	0,03	$8,4 \cdot 10^{-4}$
80	0,04	$1,12 \cdot 10^{-3}$
100	0,05	$1,4 \cdot 10^{-3}$
200	0,1	$2,8 \cdot 10^{-3}$

Перевод значений натекания в единицах «литры в час» в единицы «м<sup>3</sup> Па/с» проводился по формуле:

$$1 \text{ литр/час} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 \cdot 1013 \cdot 10^2 \text{ Па} / 3600 \text{ с} = 0,028 \text{ м}^3 \text{ Па/с}.$$

Проведенные расчеты показали, что по мере увеличения расхода газа, значение параметра «допустимое натекание в вакуумную камеру» может быть выше, чем задаваемое, как  $A=5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3 \text{ Па/с}$ . Если в состав плазмообразующего газа входит водород в незначительных количествах (до 1%), то требования по натеканию могут быть еще снижены, но быть значительно лучше, чем рассчитанные по формуле (2).