

Отсутствие требуемой соосности посадочных мест под подшипники в общем корпусе механизма вызывает перекос подшипников, монтируемых на одном валу, что приводит к изгибу вала и повышению нерасчетных динамических нагрузок на подшипники. Для обеспечения работоспособности подшипников в таких условиях рекомендуется применять самоустанавливающиеся шарикоподшипники, а при больших нагрузках – сферические роликоподшипники.

Колебания нагрузок на кольца подшипников провоцируют очевидную усталость при большой наработке оборотов. Сроком службы подшипника фактически является количество оборотов, которое он может совершить до появления первого сигнала об ухудшении состояния поверхностей дорожек или элементов качения (шариков, роликов, иголок).

УДК 621.762.4

Жданко Н. В., Ралло Ф. И.

## **ВЫБОР СИСТЕМЫ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОТКАЧКИ ВОЗДУХА ДЛЯ ВАКУУМНОЙ УСТАНОВКИ ВУ-2М**

*БНТУ, Минск*

*Научный руководитель Федорцев В. А.*

В базовой комплектации вакуумной установки ВУ2-М, предназначенной для нанесения оптических покрытий, предварительная откачка воздуха из системы обеспечивается форвакуумным насосом модели АВР-60. Конструктивно агрегат состоит из двух последовательно соединенных насосов: двухроторного вакуумного насоса НВД-200 (или ДВН-50) общепромышленного исполнения с вакуумным вводом вращения и форвакуумного насоса НВПР-16-066 (или НБР-16Д) для предварительного разрежения, позволяющий производить откачку

герметичных объемов до  $12 \text{ м}^3$  с предельным остаточным давлением до  $0,133 \text{ Па}$ .

Недостатком двухроторных насосов такой системы является попадание газа с пониженным давлением обратно в камеру всасывания, в которой находится газ с более высоким давлением, что приводит к существенному нагреву насоса. Кроме того, эти насосы требуют форвакуума для поддержания необходимой разницы давлений в системе.

Наилучшую производительность агрегат АВР-60 обеспечивает в диапазоне входных давлений от  $26,6 \text{ Па}$  ( $220 \text{ м}^3/\text{ч}$ ) до  $655 \text{ Па}$  ( $56 \text{ м}^3/\text{ч}$ ). Однако общий ресурс работы таких насосов составляет не более 500 ч. На сегодняшний день такие насосы практически полностью отработали свой допустимый ресурс, являются энергозатратными – потребляемая мощность двигателя  $3,3 \text{ кВт}$  и образуют высокий уровень шума –  $76 \text{ дБ}$ .

В настоящее время существует значительное количество широко известных зарубежных компаний и производителей, осуществляющих серийную разработку и промышленный выпуск форвакуумных насосов (низкого давления), например: Edwards (XDS и nXDS), Agilent (IDP и SH), Anest Iwata (ISP, DVSL, GVSU), Oerlikon Leybold vacuum (SCROLLVAC) и др.

Одним из оптимальных вариантов усовершенствования конструкции вакуумной установки ВУ-2М является замена агрегата АВР-60 на мощный безмасляный форвакуумный насос промышленного применения немецкой компании Pfeiffer Vacuum.

Благодаря высокой точности изготовления деталей и хорошей сбалансированности роторов у насосов серии АСР и АСГ полностью отсутствует трение на элементах насоса, соприкасающихся с откачиваемым газом в проточной части, что позволяет избежать применения вакуумного масла и получать особо чистый вакуум. Это обеспечит длительную эксплуатацию без планового обслуживания. Кроме того, не происходит

износ рабочих поверхностей и характеристики насоса остаются неизменными в период всего срока эксплуатации по сравнению со спиральными насосами. Этот тип насосов отличается компактностью и высокой надёжностью, имеет водный контур охлаждения. Насосы серии АСР и АСГ сравнимы по своим размерам с пластинчато-роторными насосами, однако обеспечивают полностью безмасляную откачку и максимальное разрежение на уровне от  $3 \cdot 10^{-2}$  до  $6 \cdot 10^{-3}$  Мбар.

По сравнению с насосами АВР-60 модели АСР и АСГ отличаются относительно не высокой потребляемой мощностью на уровне 1,3–2,0 кВт, даже при работе с поддержанием предельного значения давления.

Недорогое и простое техническое обслуживание предполагает замену несущего подшипника ступени низкого давления каждые 17 000 часов работы и чистку внутренних поверхностей с заменой всех подшипников через каждые 34 000 часов работы.

Существуют модификации насосов АСР 120 G и АСР600G, адаптированных для работы с газами, содержащими примеси и вызывающими коррозию металлических рабочих элементов изделия, характерных для режима ионного напыления материалов при формировании оптических покрытий. Пар или влага от перекачиваемой среды могут конденсироваться в вакуумном насосе и таким образом нарушать параметры всасывания. Безопасность технологического процесса нанесения оптических покрытий обеспечивается при помощи интегрированного высоковакуумного предохранительного клапана.

Таким образом, все вышесказанное позволяет сделать вывод, что мощный безмасляный форвакуумный насос промышленного применения немецкой компании Pfeiffer Vacuum может быть применен для надежной эксплуатации вакуумных установок ВУ-2М и получения качественных оптических покрытий.