

повышается в 3-4 раза, твёрдость покрытия составляет 23-28 ГПа, коэффициент трения – 0,4-0,6. Многокомпонентные покрытия, по сравнению с однокомпонентными, позволяют повысить все выше перечисленные свойства. Так, при нанесении покрытия TiAlN износостойкость повышается в 8-13 раз, твёрдость покрытия составляет 35-40 ГПа, коэффициент трения снижается до 0,05.

УДК 621.7

Зычкова О.А.

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ТЕПЛОЗАЩИТНОГО НЕПРОНИЦАЕМОГО ЭКРАНА КРИОГЕННОГО НАСОСА**

*БНТУ, Минск*

*Научный руководитель: Бабук В.В.*

Криогенные вакуумные насосы поверхностного действия, предназначены для создания высокого, сверхчистого вакуума. Характеризуются гораздо большей скоростью откачки, чем у традиционных масляных диффузионных или турбомолекулярных насосов. Крионасосы наиболее просты в эксплуатации, обеспечивают быструю откачку и абсолютно не загрязняют откачиваемый объём, требуют минимальное техническое обслуживание.

Проблема прямой зависимости давления от температуры при применении крионасосов решается очень просто. Дело в том, что крионасосы не перемещают молекулы газа, а замораживают их. В связи с этим, у крионасосов отсутствуют какие-либо подвижные части или жидкие среды, контактирующие непосредственно с вакуумом из откачиваемого объема. Это обстоятельство полностью исключает вероятность загрязнения рабочего объема в процессе откачки. Следует отметить, что надежная индиевая пайка, применяемая для крепления криопанелей в насосах, дает возможность откачивать, в том числе, и агрессивные газы, такие, например, как  $\text{Cl}_2$ .  $\text{HCl}$ . Все

части насосов покрыты стойким медно-никелевым сплавом. В том случае, если требуется исполнение с повышенной химстойкостью, возможно нанесение покрытия из тефлона.

Цель настоящей работы – рассчитать оптимальный теплозащитный непроницаемый экран. Экран препятствует тепловому теплообмену между стенками кожуха, находящимся при комнатной температуре, и криопанелями, охлаждаемыми до температуры 4,5-30 К, что позволяет снизить тепловой поток между ними в десятки, а иногда и в сотни раз (непроницаемые экраны). Жалюзийные экраны (проницаемые) располагают по другой стороне криопанелей, как бы с внутренней стороны системы. Они служат для защиты криопанелей от источников тепла, расположенных внутри криогенных вакуумных камер и насосов. Эти экраны не должны создавать значительного сопротивления на пути газового потока, откачиваемого криопанелями. В большинстве практических случаев охлаждение осуществляется жидким азотом, циркулирующим по трубам, которые находятся в хорошем тепловом контакте с пластинами экрана. Естественно, что вследствие теплообмена между поверхностями кожуха и экрана, а также экрана и криопанели, в пластинах экрана возникает градиент температуры, причем, поскольку теплоподвод к экрану со стороны кожуха обычно значительно превышает теплоотвод от экрана и криопанели, то температура пластин будет повышаться по мере удаления от каналов (труб), по которым циркулирует хладагент.

После установки стационарного состояния распределение температуры по пластине может быть найдено, если известна результирующая тепловая нагрузка на данную пластину экрана и характер ее распределения. Эта задача решается методом теплопроводности для неограниченной пластины с внутренними источниками тепла.

В данной работе был произведен расчет теплозащитного непроницаемого экрана криогенного насоса. При расчете экрана были выявлены параметры, влияющие на скорость

теплопередачи, плотности объемного тепловыделения. Таким образом, можно сделать вывод о том, что основным элементом крионасоса от которого зависит большинство характеристик насоса и быстрота его действия – это теплозащитный экран.

Крионасосы являются оптимальными с точки зрения создания не загрязняющего рабочего объема откачной системы с минимальной стоимостью и максимальной производительностью.

УДК 621.762.4

Измайлов Д.В.

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ЗАХВАТА ЯЧЕИСТЫХ КРИОПАНЕЛЕЙ**

*БНТУ, Минск*

*Научный руководитель: Бабук В.В.*

Вакуумная техника, применяется в самых различных отраслях промышленности и науки – от выпуска строительных материалов и пищевых продуктов до имитации космических условий. Новые области применения вакуума выдвинули и новые требования к его качеству.

В настоящее время основным средством откачки служат масляные насосы, но в ряде случаев они уже не удовлетворяют этой цели и не столько по величине достигаемого предельного давления, сколько вследствие неизбежности загрязнения откачиваемых объектов парами масла и продуктами разложения. Это привело к необходимости разработки «безмасляных» насосов, принцип работы которых в большинстве случаев основан на использовании явления хемосорбции газов на чистых поверхностях некоторых химически активных металлов, а также физической адсорбции и конденсации газов на микропористых адсорбентах или поверхностях, охлажденных до низких температур.

Высокие значения коэффициентов захвата ячеистых криопанелей в случае откачки направленных потоков обусловлены следующим обстоятельством. Если оси отдельных ячеек