

УДК 678.4.06:621.521:167/168

В.А. Бахмат, Н.К. Гора,
А.С. Бурькин, М.С. Хорольский

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ РЕЗИН И РТИ В ВАКУУМЕ

Викладені основні напрямки діяльності інституту з дослідження властивостей еластичних матеріалів та розроблення виробів на їх основі для забезпечення працездатності в вакуумі різних об'єктів, що працюють в наземних умовах та в умовах космічного простору.

Исследования влияния вакуума как рабочей среды на работоспособность эластичных уплотнителей проводились в нескольких направлениях:

- исследовалось всестороннее воздействие вакуума (от 0,13 до 26,6 мПа в сравнении с воздухом атмосферного давления (0,1 МПа) на изменение свойств и герметизирующей способности уплотнителей из резин на основе различных каучуков (СКМС-10, СКН-18, СКФ-26, СКФ-32, СКЭП) в интервале температур от минус 60 °С до 200 °С в зависимости от типа полимера. Установлено, что потеря эластических свойств резин при всестороннем вакууме протекает с меньшей скоростью, чем в воздухе, и увеличивается продолжительность сохранения герметичности уплотнителями. Проведен корреляционный анализ свойств уплотнителей, испытываемых в вакууме и в воздухе. Наличие тесной корреляционной связи дает возможность в ряде случаев оценивать относительную остаточную деформацию (ООД) сжатия в вакууме по аналогичному показателю в воздухе и использовать метод «совмещенных кривых» при определении режимов ускоренного термостарения в условиях всестороннего вакуума (СКМС-10, СКН-18, СКФ-32). Для уплотнителей на основе СКФ-26 и СКЭП получены математические модели зависимости ООД сжатия от температуры и продолжительности испытаний в исследованной области факторного пространства;
- исследовалось одновременное воздействие вакуума и различных газообразных сред (азот, воздух, кислород) в интервале давлений от 3 до 23 МПа и в интервале температур от 50 °С до 90 °С. Проведенные исследования показали, что вакуум обуславливает скорость релаксации напряжения сжатия, а также повышает величину ООД сжатия уплотнителей в сравнении с воздухом атмосферного давления. При этом сроки сохранения герметизирующей способности при воздействии вакуума могут значительно сокращаться. Так, например, сравнительные испытания уплотнителей из резины на основе каучука СКМС-10 в среде вакуум-воздух давлением 13 МПа, воздух-воздух давлением 13 МПа при температуре 70 °С, испытанных на герметичность с предварительным нарушением адгезионного контакта, показали, что при

наличии вакуума срок работоспособности уплотнителей сокращается в 2,7 раза. При этом разгерметизация соединений в имитаторах при температуре минус 60 °С в обоих случаях происходит при близких значениях контактных усилий, что указывает на возможность прогнозирования сроков работоспособности резин в вакууме. С повышением температуры влияние вакуума на скорость релаксации контактных напряжений в уплотнителях возрастает. Установленная закономерность наблюдается во всем исследованном диапазоне давлений (от 3 до 13 МПа) как для воздуха, так и для азота. Как и следовало ожидать, при одновременном воздействии вакуума и воздуха повышенного давления в резине уменьшалось содержание противостарителя (неозона Д) и других летучих компонентов, причем в тем большей степени, чем выше температура и давление рабочей среды;

- особо следует отметить влияние адгезионного взаимодействия резины с металлом на работоспособность вакуумных уплотнителей. Известно, что при наличии адгезионного взаимодействия резины с металлом герметичность соединения сохраняется и при снижении контактных напряжений ниже их критических значений. Представляло интерес изучить степень влияния адгезионного взаимодействия на работоспособность вакуумных уплотнителей в условиях повышенного давления воздуха (от 3 до 23 МПа) при повышенных температурах (от 70 °С до 90 °С) в сравнении с воздухом атмосферного давления. Испытания проводились на уплотнителях из резин на основе каучуков СКМС-10 и СКЭП + СКМС-10, установленных в стандартные посадочные места типа «канавка-плоскость». В процессе выдержки колец в заданных условиях периодически производился сброс давления из имитаторов. Испытания показали, что периодический сброс давления в этих условиях не нарушает адгезии уплотнителя к металлической поверхности. Установлено, что по сравнению с воздухом, вакуум способствует усилению адгезионного взаимодействия резины с металлом. При повышении температуры величина адгезии также увеличивается, что является результатом ускорения окислительных процессов. Кроме того, необходимо отметить, что в процессе выдержки вакуумного уплотнителя под давлением воздуха с периодическим нарушением контакта резина-металл средняя величина адгезионного взаимодействия может резко возрастать с увеличением длительности испытаний и это может быть одной из причин нивелирования влияния вакуума по сравнению с воздухом атмосферного давления. Возможное адгезионное взаимодействие резины с металлом необходимо учитывать при ускоренном старении резин, имитирующем как хранение, так и эксплуатацию РТИ;
- с учетом вышеперечисленных факторов, влияющих на герметизирующую способность вакуумных уплотнителей, можно было предположить, что одним из основных условий увеличения работоспособности вакуумных уплотнителей является правильное конструирование посадочных мест с учетом выбора оптимального свободного объема, степени поджатия, влияния места установки уплотнителя в посадочном месте, проводимости вакуумируемых зазоров. Такие исследования были проведены и позволили сформулировать основные требования к конструированию мест установки вакуумных уплот-

нителей различной конфигурации (круглого, прямоугольного и фигурного профиля) осевого и радиального сжатия:

- шероховатость сопрягаемых поверхностей должна быть не более Ra 0,25 мкм по ГОСТ 2 789;
- длина кольцевых и фланцевых зазоров, соединяющих уплотнители радиального и осевого сжатия с вакуумом, от 2 до 10 мм;
- для уплотнителей радиального сжатия отношение длины вакуумируемого зазора к ширине не должно превышать 30;
- свободный объем места установки уплотнителя не должен превышать 10 %;
- уплотнители устанавливаются по внутреннему или наружному диаметру посадочного места со стороны воздействия вакуума.

Вакуумные уплотнители, как правило, испытывают в процессе эксплуатации в условиях влияния различных рабочих сред, начиная со всестороннего воздействия воздуха на уплотнители, находящиеся в свободном или напряженном состоянии, до одновременного воздействия вакуума и рабочих сред в жидком и газообразном состоянии, и реже – всестороннее воздействие вакуума. При этом воздействие рабочих сред может быть как непрерывным, так и циклическим. В указанных условиях влияние вакуума, как среды, на герметизирующую способность уплотнителей не может быть однозначным, так как изменение свойств эластомерных уплотнителей зависит не только от режима воздействия вакуума (статический, динамический), скорости откачки летучих продуктов, проницаемости рабочих сред, адгезионного взаимодействия уплотнителя с материалом посадочного места, параметров эксплуатации, а также от последовательности воздействия всех факторов. При этом к вакуумным уплотнителям могут предъявляться, кроме требования сохранения герметичности, дополнительные требования по обеспечению минимальной величины усилия страгивания для РТИ возвратно-поступательного и вращательного движения, минимального усилия прилипания РТИ к металлу и др.

Таким образом в зависимости от условий эксплуатации необходимо комплексно подходить к изучению влияния всех факторов на работоспособность исследуемых уплотнителей. Научно-исследовательская и техническая база нашего института позволяет проводить такие исследования на достаточно высоком уровне.