

ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИЙ И УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ УПЛОТНЕНИЙ ВРАЩАЮЩИХСЯ ВАЛОВ

Матюшенко Александр Васильевич
Научный руководитель – доцент, к.т.н. С.В.Гиль
(Белорусский национальный технический университет)

В данной работе проведен комплексный анализ основных проблем герметизации соединений вращающихся валов, а так же рассмотрены варианты их решения.

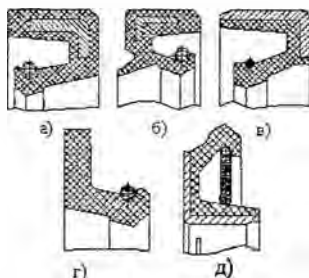
Надежность машин, механизмов и агрегатов таких отраслей современной промышленности, как авиация, космонавтика, автомобилестроение, химическое и нефтяное машиностроение и других значительно зависит от безотказной работы уплотнительных устройств. Уплотнительные устройства применяют в подвижных и неподвижных соединениях конструкций для разделения сред с различными физическими свойствами и параметрами. Наиболее важными вопросами уплотнительной техники являются комплексный анализ проблем герметизации объектов и выбор оптимальных систем уплотнений объекта в целом.

В данной работе рассматриваются уплотнения соединений пар вращательного движения (УВ), а именно валов. Классификация УВ представлена на рис. 1.



Рис. 1

Условия эксплуатации уплотнений валов характеризуется низким давлением ($p < 1$ МПа), высокой скоростью скольжения ($v < 15 \dots 20$ м/с), температурным диапазоном $t = -50 \dots +150^\circ$ С и высокими требованиями к герметичности. Кроме того, УВ валов должны быть очень компактны и дешевы при ресурсе $t_p = 1000 \dots 5000$ ч. Этому комплексу требований соответствуют радиальные манжетные уплотнения (манжеты).



а - армированная, б - армированная с пыльник, в - армированная с открытым каркасом, г - неармированная, д - армированная с наружной кромкой для уплотнения втулок

Рис. 2. Эластомерные радиальные манжеты с пружинами

Принцип действия радиальных манжет заключается в следующем: эластомерный фигурный уплотняющий элемент (кольцо), прижимается к поверхности вала с некоторым усилием, действующим в радиальном направлении. Для стабилизации величины этого усилия во времени на уплотняющий элемент надевается металлическая браслетная пружина. С целью обеспечения герметичности и облегчения условий монтажа манжеты она обычно армируется металлическим каркасом. На рис. 2 представлены основные виды эластомерных радиальных манжет с пружинами. Существуют и беспружинные радиальные эластомерные манжеты. В основном их применяют для защиты внутренних полостей объектов от пыли и грязи.

Возможности манжетных уплотнений ограничены свойствами эластомерного материала. Прежде всего, имеют значение ускоренное старение при высокой температуре и потеря высокоэластичности при низкой, а также механическое стеклование при больших частотах вращения. Следовательно, необходимо ограничивать температуру нагрева кромки, а так же ограничивать радиальное биение валов.

Допустимый температурный диапазон работы манжеты зависит от типа эластомерного материала. Эластомеры - это полимеры, способные к большим обратимым, высокоэластическим деформациям в широком диапазоне температур (от ~ -60 до 200°C). Типичные представители эластомеров – каучуки и резины на их основе. В табл. 1 представлены условия эксплуатации резиновых армированных манжет.

Отличительной особенностью всех типов манжет является наличие губки с уплотняющей кромкой. Контактная с валом, на кромке создается (в основном пружиной) необходимое для герметизации контактное давление $p_k = 1,5 \dots 3$ МПа.

Таблица 1

| Условия эксплуатации резиновых армированных манжет | | | | | |
|--|---|--------|--------|--------|--------|
| Среда | φ_{\max} , $^\circ\text{C}$, для резин групп (на основе) | | | | |
| | 1(СКН) | 2(СКН) | 3(СКН) | 4(СКФ) | 5(СКФ) |
| Минеральные моторные масла | 100 | 100 | 100 | 150 | 170 |
| Гилоидные масла | 80 | 80 | 80 | 150 | 150 |
| Саларовые масла | 90 | 90 | 90 | 150 | СГ |
| Нефтяные ПСМ | 90 | 90 | 90 | 100 | СГ |
| Дизельные топлива | Н | СГ | Н | 150 | Н |
| Хлорированные углеводороды | - | Н | - | - | 90 |
| Тормозные жидкости | - | Н | - | - | СГ |
| Нижний предел φ_1 , $^\circ\text{C}$ | -45 | -30 | -60 | -45 | -20 |

В манжетах с нажимной пружиной давление p_k можно изменять в необходимых пределах, регулируя усилие пружины. Материал кромки под действием давления p_k заполняет все поверхностные микронеровности вала, что предотвращает утечку. При вращении вала каждая точка уплотняющей поверхности кромки должна совершать радиальные перемещения для восстановления контакта с валом, сопряженные точки поверхности которого кроме основного движения по окружности совершают радиальные перемещения вследствие биений. Силы трения и адгезии увлекают участки кромки в направлении вращения. В результате этого точки уплотняющей кромки совершают сложные движения,

траектории которых в режиме сохранения герметичности близки к эллипсам (рис. 3,а). При частоте вращения выше предельной, кромка отрывается от вала и траектории меняются (рис. 3,б).



Рис. 3. Траектории движения точек кромки манжеты

Следующей важной причиной утечек в манжетных уплотнениях является наличие статического и динамического эксцентриситетов вала, а так же некоторая неперпендикулярность уплотняющей кромки к оси вала.

Таким образом, появление утечек определяется отклонениями от круглости поверхности вала, частотой вращения и скоростью скольжения, динамическим ε_d и статическим ε_c эксцентриситетом, свойствами эластомерного материала и погрешностями установки манжеты.

Методы контроля герметичности можно подразделить на гидравлические и пневматические. Для гидросистем применяют следующие основные методы контроля герметичности: визуальный метод, визуальный метод контроля с применением окраски и люминесцентный метод. Для пневмосистем: метод измерения изменения давления, метод обмыливания мест возможной утечки и метод аквариума.