



УДК 622:621.979

## РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ МАТЕРИАЛОВ УПЛОТНИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ВЫСОКИХ И СВЕРХВЫСОКИХ ДАВЛЕНИЙ.

ИЛИЯЗОВА Э.Р.

*Институт Машиноведения Национальной Академии наук  
Кыргызской Республики, Бишкек, Кыргызская Республика*

[izvestiya@ktu.aknet.kg](mailto:izvestiya@ktu.aknet.kg)

В работе рассматриваются вопросы, связанные с выбором материалов для уплотнений в машиностроительной промышленности, работающих при высоких и сверхвысоких давлениях.

In work are considered questions, connected with choice material for compactions in machine-building industry, working under high and over high pressures.

Научно-технический прогресс сегодня не стоит на месте и, как следствие, все более жесткие требования предъявляются к промышленному оборудованию. В таких условиях использование обычных уплотнений из резиновых смесей становится проблематичным, поскольку уплотнения подвергаются воздействию все более высоких температур и давлений, растущих скоростей вращения и перемещения, а также плохо смазывающихся поверхностей. Появляются новые виды рабочих жидкостей, для работы в которых требуются специальные материалы.

Эту проблему надо решать только комплексно с учетом требований к сопряженным поверхностям уплотняемых деталей совместимых с рабочей жидкостью и других переменных факторов. Материал выбирают в зависимости от условий работы, величины давления, температурного режима и т. д. Решающее значение при выборе имеют конструкция уплотнения, свойства материала и профиль уплотнения, его способность автоматически приспосабливаться к условиям работы, поддерживая постоянную герметичность уплотнения и снижая силу трения и износ.

Весьма ограничено применение эластичных уплотнений из неармированного акрилонитрилбутадиенового каучука (NBR или АБС-пластик) при высоком давлении, особенно с динамическими нагрузками. У них есть серьезный недостаток – они выдавливаются в зазор. Конечно, этого можно избежать, уменьшив зазор между металлическими подвижными деталями, но такое решение зачастую противоречит экономическим и функциональным требованиям. Поэтому уплотнения для средних и высоких давлений армируют специальными ткаными материалами, предотвращающими не только выдавливание, но и износ. Если уплотнения работают при очень высоких давлениях (более 50 МПа) или с зазором между металлическими деталями, превышающим рекомендованные значения, на них устанавливают защитное или опорно-направляющее кольцо из политетрафторэтилена (Р.Т.Ф.Е), устойчивого к окислителям, щелочам, кислотам, органическим растворителям (торговые названия: фторпласт-4, фторлон-4, тефлон).

Возрастающее давление заметно сокращает срок службы уплотнений. Поэтому все материалы, используемые для их изготовления, должны быть устойчивыми к механическим воздействиям, чтобы не произошло выдавливания уплотнений в зазоры при высоком давлении, поэтому в данной работе резиновые и резинотканевые материалы не рассматриваются.

Материалы уплотнительных устройств следует подбирать с учетом условий эксплуатации уплотнения, а также технологичности и экономичности их изготовления. При этом, важное значение имеет выбор не самих материалов уплотнений в парах трения, а их сочетаний. При выборе оптимальных пар скольжения необходимо учитывать коррозионную стойкость и износостойкость материалов, т.е. возможность работы без схватывания и заедания. Рассмотрим некоторые группы материалов.

**Металлы.** В качестве материала пар трения в уплотнениях возвратно-поступательного движения металл обычно используют при более высоких рабочих давлениях, например, в [2] показано уплотнение сделанное из латуни, чередующиеся кожаными кольцами. Такое уплотнение хорошо работает при давлении газа 50 МПа и давлении жидкости (масла, керосин) до 800 МПа.

Серые чугуны (АСЧ-1 ГОСТ 1585-80) благодаря своим антифрикционным свойствам и легкой обрабатываемости могут широко применяться для изготовления металлических уплотнений в среде высоких давлений. Очень широкое распространение в зарубежных конструкциях уплотнений получил хромистый чугун и сплав Нирезист. Чугуны имеют хорошие и стабильные характеристики



при недостаточном смазывании. Коррозионная стойкость чугунов повышается с добавлением никеля, хрома, меди или их комбинаций.

В конструкциях насосов наиболее широко применяют чугуны в комбинации с твердыми углеродами. Кольца из чугуна относительно недороги и легко поддаются обработке, выдерживают давления в качестве уплотнительных элементов до 500 МПа.

Недостатками серого чугуна является малая прочность и ударная вязкость, хрупкость, а также низкое значение модуля упругости.

Зарубежная фирма «Крейн Пекинг» (Англия) применяет свинцовистую бронзу для пар трения. Свинцовистая бронза имеет удовлетворительные антифрикционные характеристики и ее применяют лишь для легких условий эксплуатации [1].

Уплотнение Циклиса для давлений 1000 МПа сделано из закаленной стали ШХ 12 и чередуются латунными, пластиковыми кольцами, здесь также отмечено что, для работы при давлениях порядка 1000 МПа не рекомендуется применять кожаные прокладки, так как жировые вещества, содержащиеся в коже, затвердевают под давлением и теряют эластичность [2].

**Фторопласты** – пластмассы на основе полимеров и сополимеров галогенопроизводных (фтора или фтора и хлора), этилена и пропилена. В уплотнительной технике используют фторопласт-4, фторопласт-40, фторопласт-3 и антифрикционные композиции на основе фторопласта-4. Особенность фторопластов – исключительно высокая химическая инертность в большинстве рабочих сред (инертность фторопласта-4 превышает инертность всех остальных пластмасс, благородных металлов, стекол и фарфора). Замечательны антифрикционные свойства фторопластов. Их применяют в широком диапазоне температур, однако теплофизические и конструкционные их свойства, существенно изменяются, что необходимо учитывать в конструкциях [1].

Тефлон обладает замечательными свойствами. Он устойчив против любого вещества, кроме металлического калия или натрия. Тефлон не теряет пластичности даже при очень низких температурах. При нагреве охлажденных образцов исходные свойства восстанавливаются. Прочность тефлона при понижении температуры увеличивается. Температурный коэффициент сжимаемости тефлона при давлениях выше 100 МПа становится отрицательным. Это означает, что тефлоновые прокладки с понижением температуры должны (при высоких давлениях) расширяться в своих гнездах и улучшать уплотнение. Тефлон, пропитанный дисульфидом молибдена, может служить материалом для изготовления прокладок поршня, создающего до 100 МПа [2].

**Асбест.** Асбест является прекрасным материалом для изготовления сальников, работающих при давлениях до 300 МПа. Асбестовые сальники могут выдерживать высокие температуры. Асбест достаточно прочен (предел прочности при растяжении 25-30 МПа).

**Композиционные материалы.** Для особо тяжелых условий работы, требующих надежной герметизации, применяются композиционные материалы, характеризующиеся высокой прочностью и упругостью. Композиционные материалы предназначаются как для подвижных, так и для неподвижных соединений, работающих в условиях большого диапазона температур и высоких давлений, вакуума и химической коррозии [3]. Эти материалы представляют композицию твердых металлических элементов и мягких металлических или полимерных связующих наполнителей.

Твердые металлические элементы из молибдена, нержавеющей стали и др., образующие основу уплотнения, обеспечивают необходимые упругие свойства всего уплотнения и предохраняют его от чрезмерной текучести при высоких температурах за счет размягчения наполнителей.

Мягкие упругие связующие наполнители из серебра, сплава серебра–индия, меди, а также различных эластиков пропитывают в основу и обеспечивают необходимую податливость уплотнения.

Большое значение для таких уплотнений имеет восстанавливаемость первоначальной формы при снятии нагрузки. В работе [3] показаны опыты проведенные с композиционными материалами, наилучшие результаты, с точки зрения упругих свойств, дают следующие композиционные материалы: серебро-индий-нержавеющая сталь, медь-молибден, серебро-молибден и серебро-нержавеющая сталь. Композиционные материалы обладают лучшей восстанавливаемостью по сравнению с чистыми металлами.

Требования, предъявляемые к материалам, можно свести к следующим показателям применимости:

- износостойкость материала при стабильном режиме работы уплотнения;
- коррозионная стойкость;
- наличие внутренних напряжений в материале;
- эффективность теплоотвода;
- работоспособность материала в режиме трения без смазочного материала.



Работы по созданию новых уплотнений совершенно не исключают, а предполагают проведение дальнейших исследований по совершенствованию применяемых уплотнений, особенно за счет внедрения новых материалов (пластмасс, металлов, включая композиционные материалы).

Применение металлических уплотнений может значительно повысить их долговечность. Однако при этом сохраняются недостатки, присущие контактными уплотнениям, т.е. более низкий к.п.д., повышенное трение и др.

#### **Список использованной литературы:**

1. Кондаков Л.А. Уплотнения и уплотнительная техника. Справочник. М., «Машиностроение», 1986.
2. Циклис Д. С. Техника физико-химических исследований при высоких и сверхвысоких давлениях. М., «Химия», 1965.
3. Макаров Г.В. Уплотнительные устройства М., «Машиностроение», 1965.