

РЕКОМЕНДАЦИИ К ПРИМЕНЕНИЮ АНАЭРОБНЫХ ГЕРМЕТИКОВ «ТРИБОПЛАСТ»

ВВЕДЕНИЕ

Машины имеют разъемные соединения, которые в процессе эксплуатации должны быть неподвижными и плотно прилегать друг к другу. Это фланцевые сопряжения, зафиксированные болтами, шпильками и гайками, валы с напрессованными на них дисками, шестернями, кольцами подшипников качения, запрессованные в картеры вкладыши подшипников, многочисленные резьбовые пары с метрической, трубной или специальной соединительной резьбой. Их неподвижность обеспечивается за счет трения между прижатыми поверхностями. Под действием вибрации и сил трения кристаллическая решетка прижатых поверхностных слоев при циклических тангенциальных смещениях расшатывается и разрушается. Процесс разрушения представляет собой истирание поверхности без удаления продуктов изнашивания. Оторвавшиеся частицы металла быстро окисляются. Окислы скапливаются в контакте, ускоряя износ. Такой вид вибрационного износа называется фреттинг-коррозия. Для его возникновения достаточно наличия возвратно-поступательных перемещений от 0,025 мкм. Из-за постепенного износа поверхностей изменяются геометрические размеры деталей, увеличивается амплитуда вибрационных смещений, теряется функциональное назначение неподвижных сопряжений. Это приводит к выходу из строя машин, имеющих гидравлические и газовые приводы, а также использующих в качестве рабочих сред горюче-смазочные материалы. Из-за образующихся неплотностей в сопряжениях происходят утечки, что недопустимо в современных технических системах. Развитие фреттинг-коррозии вызывает фреттинг-усталость. На поверхности появляются микротрещины, рост которых приводит к катастрофическому разрушению машин.

Эффективным методом борьбы с фреттинг-коррозией является фиксация неподвижных сопряжений уплотняющими анаэробными герметиками «Трибопласт», основное назначение которых - исключить возможность тангенциальных смещений деталей при воздействии вибрации. Герметик вводится в сопряжение в жидком виде, а затем полимеризуется под воздействием анаэробного механизма.

При наличии полимерной прослойки сила тангенциального сдвига прижатых поверхностей T , т.е. сила трения, обусловлена силой механического сжатия P и силой адгезионного (молекулярного) взаимодействия полимера с поверхностью (Рис. 1), которые связаны триботехнической зависимостью:

$$T = a \cdot S + v \cdot P,$$

- где a – средняя интенсивность молекулярной составляющей силы трения;
 S – фактическая площадь контакта;
 v – коэффициент, характеризующий механическую составляющую силы трения;
 P – сила давления.

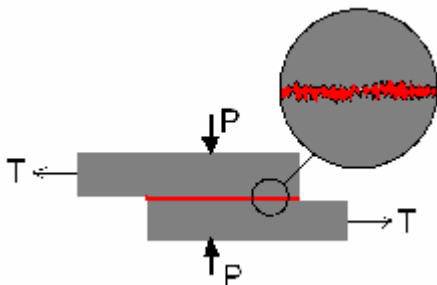


Рис.1. Распределение сил в прижатых деталях

Молекулярная составляющая силы трения ($a \cdot S$) пропорциональна площади фактического контакта и интенсивности адгезии полимера к конструкционному материалу. Ее величина зависит от физико-химической природы полимера и микрошероховатости поверхности деталей, которая определяет фактическую площадь их соприкосновения. Молекулярная составляющая направлена перпендикулярно поверхности. Воздействие вибраций в тангенциальном направлении вызывает деформацию сдвига полимера, на что требуется затрата энергии вибрации. Это явление широко используется в современном машиностроении для виброзащиты машин. При создании виброустойчивых малошумных агрегатов вместо сварки, пайки и шпоночных посадок применяют полимерные клеи, герметики и жидкие прокладки.

Механическая составляющая силы ($b \cdot P$) зависит не только от усилия прижатия, а определяется макронеровностями поверхности, т.е. ее отклонением от идеальных форм. При наличии твердой полимерной прослойки отклонение контура от окружности (овальность, огранка), отклонение от прямолинейности образующих при прямолинейности оси цилиндра (бочкообразность, конусность), криволинейность осей и неточность угла профилирования дают эффект расклинивания, который лежит в основе фиксации деталей по жестким замкнутым контурам, фиксации резьбовых пар и жестких фланцевых соединений. Роль молекулярной составляющей в этом случае может сводиться к минимуму и такой фактор, как чистота соединяемой поверхности и присутствие на ней небольших загрязнений перестает играть доминирующую роль в фиксации деталей.

Макронеровности поверхностей возникают из-за низкой точности станков, на которых происходит обработка деталей, погрешностей установки заготовок, силовых и температурных деформаций системы «станок – заготовка – инструмент», износа инструмента. На создание микро и макронеровностей не требуется дополнительных затрат, т.к. они присутствуют на любой реальной поверхности.

Герметики «Трибопласт» являются реактивными полимерами. Они стойки к воздействию горюче-смазочных материалов на нефтяной основе, охлаждающих жидкостей и атмосферной влаги, а также многих органических растворителей, кислот и щелочей. Герметики обладают высокой жидкотекучестью, хорошо смачивают металлические, пластмассовые и керамические поверхности. Они полимеризуются по анаэробной реакции, когда отсутствие контакта с кислородом вызывает образование в мономере полимерных связей. Реакция происходит при комнатной температуре. Жидкий герметик остается не активным до тех пор, пока он находится в контакте с атмосферным кислородом. Если герметик лишается доступа кислорода, например, при соединении двух достаточно развитых поверхностей, происходит быстрое отверждение. Контакт с металлом ускоряет процесс полимеризации. Схему отверждения можно представить следующим образом (Рис.2).

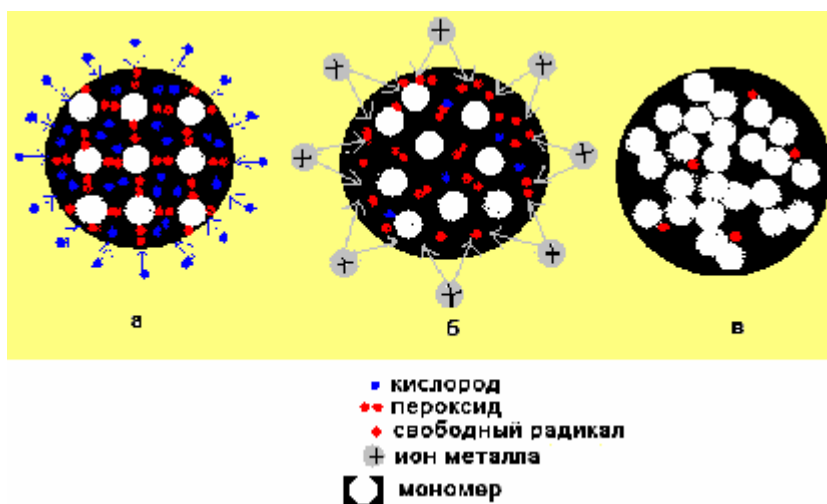


Рис.2 Схема процесса анаэробной полимеризации

При постоянном воздействии кислорода герметик остается в жидком состоянии (а). При его попадании в зазор прекращается поступление кислорода (б), пероксиды преобразуются в свободные радикалы. Ионы металла ускоряют процесс распада пероксидов и образования свободных радикалов. Свободные радикалы стимулируют формирование полимерных связей. Отвержденное состояние представляет собой твердую структуру со сшитыми полимерными цепочками (в).

Скорость отверждения по анаэробной реакции также зависит от типа соединяемых поверхностей, величины зазора между деталями и температуры. В таблице 1 приведены типы материалов по степени воздействия на активность анаэробной полимеризации. Наиболее активна медь и ее сплавы. Достаточно высокая активность у малоуглеродистых и углеродистых конструкционных сталей. Алюминиевые сплавы с низким содержанием меди и легированные стали малоактивны. Скорость начала полимерной сшивки на них значительно ниже, чем на стальных поверхностях. Снижение температуры деталей ниже 15° С замедляет процесс полимеризации, а ее увеличение выше 30° С значительно ускоряет синтез полимера. При увеличении зазора между поверхностями увеличивается доступ атмосферного кислорода в жидкий полимер, что также замедляет его затвердевание.

Таблица 1

Активные материалы Быстрое отверждение	Пассивные материалы Медленное отверждение
Латунь Бронза Медь Чугун Сталь конструкционная	Алюминий Керамика Хромированное покрытие Стекло Высоколегированная сталь Никель Пластмасса Нержавеющая сталь Цинк

Для ускорения анаэробных реакций на поверхности малоактивных материалов или при работе в условиях пониженных температур может применяться активатор, представляющие раствор соли активного металла в легколетучем растворителе. Активатор наносится пульверизатором или тканевым тампоном на неактивные поверхности. После испарения растворителя на поверхности остаются ионы активного металла, которые в 2-3 раза ускоряют процесс образования полимера и повышают его когезионную прочность. В настоящее время разработано несколько марок виброзащитных герметиков «Трибопласт» (До 2004 года герметики «Трибопласт» выпускались под торговой маркой «Стопор»). Их использование позволяет получать высокое качество сборки и гарантировать прочность и герметичность соединений в условиях высоких динамических нагрузок. Герметики применяют для фиксации практически всех видов конструкционных материалов за исключением некоторых пластмасс, газов и жидкостей, несовместимых с диметакриловыми эфирами. Их перечень представлен в таблице 2. Применять герметики «Трибопласт» в сочетании с этими материалами **не рекомендуется**.

**ПЛАСТМАССЫ, НЕСОВМЕСТИМЫЕ С ГЕРМЕТИКАМИ
«ТРИБОПЛАСТ»:**

Акрил, поливинилхлорид, поликарбонат, полистирол, полифенилен-сульфид, полиэфирсульфон, полиэфирэфиркетон, сополимер акрилонитрила стирола и акриловых эфиров.

ГАЗЫ, НЕСОВМЕСТИМЫЕ С ГЕРМЕТИКАМИ «ТРИБОПЛАСТ»:

Кислород, озон, сернистый ангидрид, хлор.

**ЖИДКОСТИ, НЕСОВМЕСТИМЫЕ С ГЕРМЕТИКАМИ
«ТРИБОПЛАСТ»:**

Азотная кислота, азотный ангидрид, ангидрид аммония, бром, вода хлорированная, гидроокись калия, дубильные вещества, азотная кислота, концентрированная серная кислота, кислород жидкий, марганцовая кислота, натрий горячий, натрий перекись, озон жидкий, ортофосфорная кислота, фтористая кислота, хлор жидкий, хлор сухой, хлорная известь, хлорсульфидная кислота, хромовая кислота, царская водка.

Каждая марка герметика производится в соответствии с техническими условиями, имеет гигиенический сертификат на применение. Перед использованием герметиков технологические службы предприятий должны ознакомиться с требованиями технических условий и соблюдать их при создании рабочих мест, при приемке, применении и хранении продукта.



Рис.3. Анаэробные герметики серии «Трибопласт»

ВЫБОР МАРКИ ГЕРМЕТИКОВ И ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ

Марки и рекомендуемые области применения герметиков «Трибопласт» показаны в таблице 3. Каждая марка герметика производится в соответствии с техническими условиями, имеет гигиенический сертификат на применение. Перед использованием герметиков технологические службы предприятий должны ознакомиться с требованиями технических условий и соблюдать их при создании конструкций, рабочих мест, при приемке, применении и хранении.

Таблица 3

Марка герметика номер ТУ	Рекомендуемые области применения
«Трибопласт–3» ТУ 2257-002-04836215-01	Обладает низкой когезионной прочностью, низкой вязкостью и применяется при фиксации деталей с величиной уплотняемого зазора 0,05 – 0,25. Используется для сборки резьбовых соединений гидравлических систем с конической резьбой, легко разбираемых стандартным ручным инструментом.
«Трибопласт–3А» ТУ 2257-002-04836215-01	Низкопрочный тиксотропный герметик для фиксации и герметизации резьбовых соединений больших диаметров с зазором 0,15 – 0,50 мм, легко разбираемых стандартным ручным инструментом.
«Трибопласт–6» ТУ 2257-003-25669359-98	Обладает средней прочностью и применяется для фиксации и герметизации резьбы и цилиндрических соединений небольшого диаметра со сборочными зазорами 0,15 – 0,25 мм при высоких динамических нагрузках. При демонтаже соединений применяется стандартный ручной инструмент.
«Трибопласт–6А» ТУ 2257-003-25669359-98	Герметик средней прочности повышенной тиксотропности для сборки резьбовых и цилиндрических соединений среднего и большого диаметров со сборочными зазорами 0,15 – 0,50 мм. Демонтаж соединений требует специального инструмента. Применяется при высоких вибрационных нагрузках.
«Трибопласт-9» ТУ 2257-004-25669359-98	Герметик высокой прочности для фиксации преимущественно цилиндрических малоразборных соединений со сборочными зазорами 0,05-0,15 мм и высокими динамическими нагрузками.
«Трибопласт–9А» ТУ 2257-004-25669359-98	Герметик высокой прочности и повышенной тиксотропности для фиксации и герметизации преимущественно малоразборных цилиндрических соединений со сборочными зазорами 0,15 – 0,50 мм. Для разборки деталей большого диаметра требуется специальный инструмент.
«Трибопласт–7» ТУ 2257-006-25669359-99	Герметик средней прочности низкой вязкости для сборки резьбовых и цилиндрических соединений со сборочными зазорами 0,02 – 0,15 мм. Имеет высокую проникающую способность и может использоваться для фиксации и герметизации предварительно собранных цилиндрических и резьбовых соединений.
«Антипор АП-2» ТУ 2257-005-2566359-98	Применяется для уплотнения микропор и микротрещин в сварных швах, пористых металлических и полимерных материалах, а также в резьбовых и цилиндрических сопряжениях с величиной уплотняемого зазора не более 0,06 мм.
«Трибопласт-100» ТУ 2257-003-04836215-04	Анаэробный активатор. Применяется для ускорения полимеризации анаэробных герметиков серии «Трибопласт» в полевых условиях, при пониженной температуре, при сборке деталей из малоактивных металлов, пластмасс и керамики.

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ГЕРМЕТИКОВ

Анаэробные герметики «Трибопласт» имеют технические показатели, по которым производится оценка их качества и пригодность к использованию. К этим показателям относятся:

- внешний вид,
- кажущаяся вязкость,
- время схватывания,
- прочность фиксации через 3 часа, через 6 часов и через 24 часа.

Технические показатели нормируются техническими условиями на каждый вид герметика в виде качественных и количественных величин, которые должен обеспечивать производитель герметиков, а потребители оценивают пригодность их к использованию. Изготовитель обязан гарантировать неизменность величин технических показателей каждой партии изготовленного герметика в течение одного года со дня изготовления при условии соблюдения потребителем рекомендованных условий хранения. Методики определения показателей приводятся в технических условиях на герметики.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ПОДГОТОВКА ПОВЕРХНОСТИ

Анаэробные герметики «Трибопласт» не требуют специальных дорогостоящих методов подготовки поверхности. Детали промывают в моющих растворах, но не содержащих нитрит натрия, который может замедлять скорость анаэробной полимеризации, если его остатки не будут удалены полностью. После мойки детали сушат теплым воздухом. Допускается вместо мойки протирать поверхности тканевыми салфетками, смоченными ацетоном или бензином для удаления жировых и масляных загрязнений. Такой вид подготовки следует проводить перед герметизацией сопряжений, работающих под высоким давлением газов или жидкостей в ответственных узлах специальной техники. При соединении цилиндрических сопряжений, имеющих высокую чистоту поверхности, очистку поверхностей следует проводить также более тщательно. В условиях поточного производства резьбовые пары, болты и гайки допускается фиксировать в состоянии поставки при наличии на поверхности следов консервационной смазки.

В состав жидких герметиков вводятся присадки, которые растворяют масла на нефтяной основе. С увеличением растворенного в герметике масла его прочность после полимеризации падает. Поэтому количество смазки не должно быть чрезмерным. В то же время для облегчения демонтажа деталей среднего и большого диаметра допускается перед сборкой протирать сопрягаемые поверхности тканевыми салфетками, пропитанными минеральными маслами или консистентными смазками. Синтетические смазки на силиконовой основе применять не рекомендуется, т.к. они не растворимы в герметиках и не обеспечат надежной фиксации в условиях динамического нагружения. Если поверхности уже подвергались уплотнению герметиком, то после разборки перед повторной фиксацией остатки заподимеризовавшегося герметика удаляются металлической щеткой. Ржавые поверхности также зачищаются механическими методами.

Неметаллические материалы перед герметизацией рекомендуется зачищать шкуркой или подвергать обдувке чугунной колотой дробью для придания высокой шероховатости.

При необходимости, после зачистки на одну из сопрягаемых поверхностей пульверизатором (Рис.4) наносят активатор «Трибопласт-100» на основе легколетучего растворителя с последующей выдержкой деталей при температуре 15 – 35° С в течение 10 - 25 минут до полного испарения растворителя. Время между нанесением активатора и анаэробного герметика не должно превышать 8 часов. Активатор повышает прочность герметиков и гарантируют надежное и быстрое отверждение.

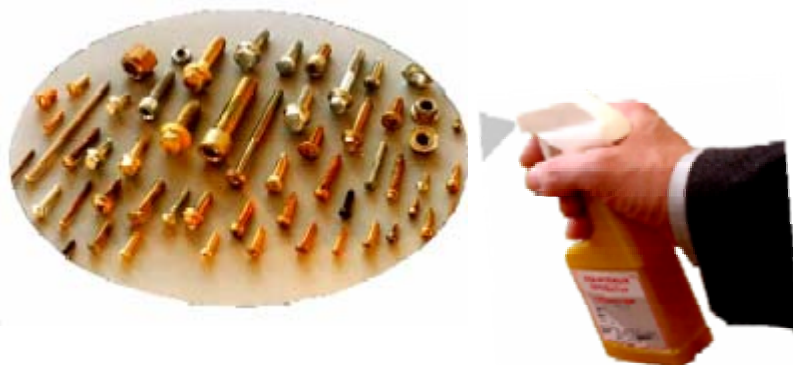


Рис.4.

НАНЕСЕНИЕ ГЕРМЕТИКОВ

Анаэробные герметики «Трибопласт» поставляются во флаконах-капельницах, удобных для нанесения жидкого продукта на поверхность деталей. Носик капельницы после работ следует закрывать пробкой. При нанесении герметика кистью состав предварительно отливают в стеклянную, фарфоровую или эмалированную емкость. При окончании работ не разрешается сливать герметик обратно во флакон. С целью экономии герметика в условиях массового производства применяют устройства дозированной подачи герметика из флакона с использованием специальных пневматических дозаторов (Рис.5). Воздух подается от поршня ручным или ножным приводом. За один цикл работы поршня должна подаваться одна капля герметика.

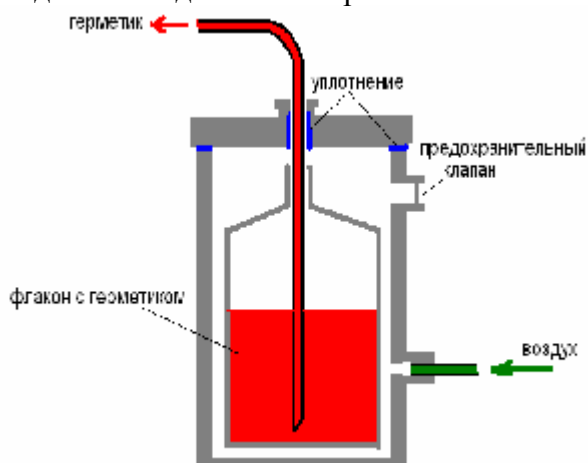


Рис.5. Схема пневматического дозатора для капельной подачи герметика при конвейерной сборке

Резьбовые сопряжения с нанесенным герметиком собирают, равномерно распределяя герметик по резьбе в зоне фиксации движением гайки по болту. После этого производится окончательная затяжка. (Рис.6)

При фиксации фланцевых соединений тонкий слой герметика наносится на обе поверхности. Окончательную сборку производят после равномерного распределения герметика между поверхностями.

При фиксации и герметизации соединений с гладкими цилиндрическими поверхностями герметик наносится на наружную поверхность одной цилиндрической детали и медленно вдвигают одну деталь в другую. При больших габаритах изделия герметик можно наносить на обе сопрягаемые поверхности. Операции сборки должны проводиться достаточно быстро, чтобы герметик не подвергся сдвигу в момент желатинизации и схватывания.



Рис.6. Нанесение герметика из флакона

Излишки выдавленного из сопряжения герметика удаляются тканевыми салфетками или ветошью. Жидкие герметики растворимы в ацетоне и толуоле, поэтому эти растворители допускается использовать при необходимости более тщательной очистки поверхностей от жидкого состава. Испытание изделий проводят только после полного отверждения герметика.

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА И ДЕМОНТАЖ СОЕДИНЕНИЙ

Контроль герметичности изделий, собранных с применением анаэробных герметиков, производится в соответствии с техническими условиями на изготовление машин и их узлов. Герметики обладают высокой уплотняющей способностью и выдерживают давление газов до 40 МПа и давление жидкостей до 60 МПа. При уплотнении металлических резьбовых соединений герметики выдерживают давления близкие к пределу текучести материала конструкции. Утечки появляются, когда теряется жесткость конструкций в зоне сопряжения из-за неправильных расчетов прочности или появления ударных нагрузок, вызывающих остаточную пластическую деформацию поверхностей. Происходит отслоение герметика.

Контроль резьбовых соединений осуществляется по моменту отвинчивания. Для контроля применяют электронные динамометрические отвертки серии ОД и ключи серии КД. Динамометрические отвертки (Рис.7) предназначены для затяжки и контроля момента отвинчивания ответственных соединений на винтах и шурупах по методу трогания с места.



Рис.7. Отвертка электронная динамометрическая серии ОД

Электронные динамометрические ключи (Рис.8) предназначены для контроля момента затяжки и отвинчивания резьбовых соединений по методу трогания с места. Они

позволяют производить измерение текущего значения крутящего момента и измерение максимального значения крутящего момента.



Рис. 8. Электронные динамометрические ключи серии КД

Для демонтажа резьбовых соединений больших диаметров, когда невозможно использовать ручной инструмент, рекомендуется применять гидравлические гайковерты ГГ-400 (Рис.9), ГГНА и ГГФА (Рис.10). Они работают в комплекте с гидравлическими станциями (Рис.11) и отличаются величиной создаваемого крутящего момента и весом самого гайковерта. На стационарных рабочих местах гайковерты могут монтироваться на пружинных балансирах. Модель ГГНА является универсальным инструментом при работе с болтовыми соединениями, по заказу оснащаются накидными сменными головками согласно рабочему диапазону. Модель ГГФА наиболее подходит при работе в ограниченном пространстве (фланцевые соединения), когда шпилька или болт сильно выступает над гайкой, там, где невозможно применять гайковерты с накидными головками.

Для демонтажа цилиндрических соединений разработана гамма гидравлических съемников с различным диаметром захвата (Рис.12). Они предназначены для демонтажа шкивов, шестерен, втулок, имеющих посадку с фиксацией анаэробными герметиками.

В качестве привода применяются ручные гидравлические насосы НРГ, обеспечивающие гидравлическое давление в рабочих цилиндрах до 70 МПа (Рис.13).



Рис.9. Гидравлический гайковерт ГГ-400 для демонтажа резьбовых соединений средних и больших диаметров с крутящим моментом от 420 до 3850 Нм

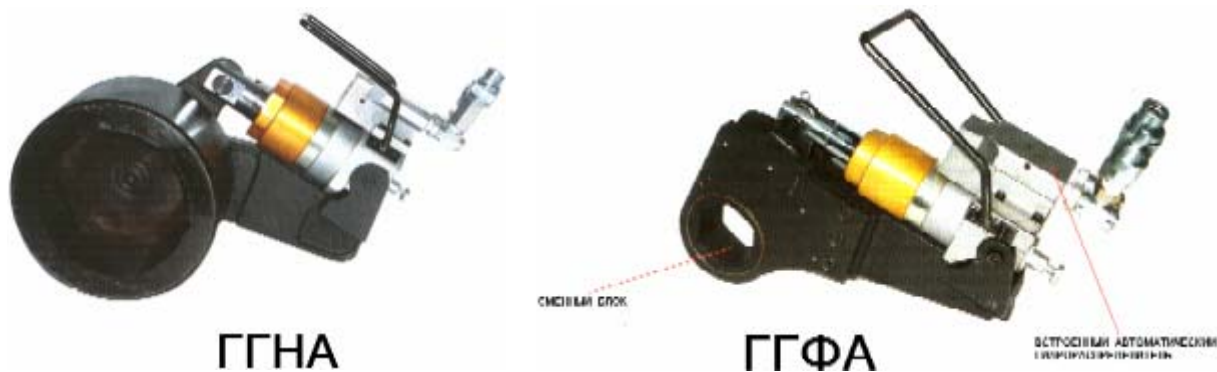


Рис.10. Гидравлические гайковерты серии ГГНА и ГГФА



Рис.11. Гидравлическая насосная станция НЭЭ-1,6Г10Т1

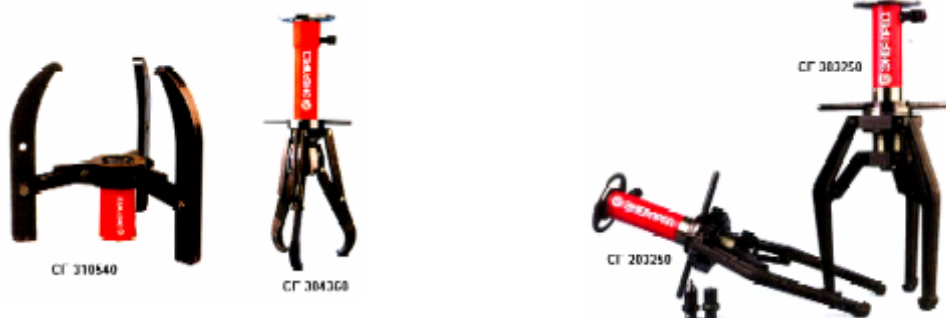


Рис.12.. Гидравлические съемники серии СГ для демонтажа цилиндрических соединений



Рис.13. Гидравлические насосы с ручным приводом серии НРГ

УПАКОВКА, ТРАНСПОРТИРОВКА И ХРАНЕНИЕ ГЕРМЕТИКОВ

Герметики «Трибопласт» расфасовываются в воздухопроницаемые полиэтиленовые флаконы с коэффициентом заполнения не более 0,6. На флаконе имеется этикетка с указанием предприятия изготовителя, даты изготовления и номер партии. При получении некачественного продукта по этим показателям потребитель сообщает изготовителю о претензии и осуществляется работа по выявлению причин брака. Транспортирование герметиков производится в соответствии с Общими правилами перевозки грузов, обеспечивающих сохранность тары и продукта с обязательным предохранением от солнечного света. Герметик должен храниться у потребителя в крытых складских помещениях без доступа солнечного света при температуре от плюс 5 до плюс 30 градусов. Допускается кратковременное нахождение герметика во время транспортировки при температуре до -50°С. Длительное хранение герметиков при низкой температуре может вызвать выпадение в осадок растворенных в них компонентов, поэтому перед применением герметики должны термостатироваться при комнатной температуре и проверены их показатели на соответствие требованиям техническим условиям. Забракованные герметики утилизируются путем сжигания или вывозятся на свалку промышленных отходов.

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ И ОХРАНА ТРУДА ПРИ РАБОТЕ С ГЕРМЕТИКАМИ

Герметики относятся к веществам 4 класса малоопасных веществ (по ГОСТ 12.1.007-79). При действии на открытые участки кожи герметик может вызвать быстро

проходящее покраснение кожи, но при многократном воздействии возможно появление признаков контактного дерматита. Поэтому при работе с герметиками для предохранения кожных покровов и слизистых оболочек глаз рекомендуется использовать защитные халаты, очки, резиновые перчатки. Для защиты органов дыхания рабочие места должны быть обеспечены общеобменной вентиляцией. При попадании герметика на кожу ее необходимо промывать обильной струей воды. При попадании герметика в глаза необходимо их промыть и обратиться к врачу. К работе с анаэробными герметиками допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие предварительный медицинский осмотр и ознакомленные с правилами техники безопасности. Повторный инструктаж должен проводиться мастером через каждые три месяца с записью в контрольной карточке по технике безопасности.

При работе с герметиками сточные воды не образуются. Флаконы от израсходованных герметиков следует вывозить на свалку или полигон промышленных отходов. Использованные хлопчатобумажные салфетки, перчатки, отходы растворителей, слитые в специальную тару, и отходы забракованных герметиков вывозятся на полигон промышленных отходов.

ФИКСАЦИЯ И ГЕРМЕТИЗАЦИЯ РЕЗЬБЫ

Резьбовые соединения – наиболее распространенный метод крепления разъемных деталей, широко применяемый во всех конструкциях машиностроения при сборке, монтаже и ремонте оборудования. Они стали настолько привычными в производстве, что их работа серьезно не анализируется. Существуют несколько основных фактора нарушения резьбовых соединений при действии вибрационных нагрузок – ослабление усилия затяжки, самоотвинчивание, скол резьбы и образование усталостных трещин.

ПРИЧИНЫ ОСЛАБЛЕНИЯ УСИЛИЯ ЗАТЯЖКИ

При изменениях температурного режима, а также осевой нагрузки на болт, происходит увеличение его длины и, как следствие, ослабление усилия затяжки. Деформация прокладочных материалов и фреттинг-коррозия также являются причиной такого ослабления. Изменения в длине может быть результатом проседания, когда шероховатые поверхности соприкасающихся деталей (например, гайки или шайбы) деформируются под давлением болтового натяжения, или результатом проскальзывания, когда давление на опорные поверхности болтов или гаек превышает сопротивление сжатию соединяемых материалов. Уменьшение усилия затяжки можно в значительной степени предотвратить, если упругость соединения увеличится до такой степени, что ожидаемая величина проседания и проскальзывания будет скомпенсирована. Это можно достичь применением болтов с высоким отношением длины болта к диаметру, применением фланцевых болтов и гаек наряду с упрочненными и закаленными шайбами, которые снижают давление на поверхность и тем самым возможность проседания на опорные поверхности. Хороший результат дает применение болтов и гаек с пружинной шайбой или шайбой с вогнутой поверхностью.

ПРИЧИНЫ САМООТВИНЧИВАНИЯ

После механической фиксации в болтах поддерживается нагрузка сжатия, т.к. болт затягивается подобно пружине и перемещение гайки к головке болта создает сжимающую силу между фиксируемыми частями. Как только исчезает напряжение сжатия, появляется тенденция к откручиванию гайки. Трение в резьбе и между головкой болта и гайкой препятствует затяжке болта. Если болтовое соединение подвергается переменным нагрузкам или вибрации, эффект блокировки, вызванный трением, понижается, что дает гайке возможность свободно скользить по резьбе, ослабляя силу сцепления. Вибрации могут быть в продольном или поперечном направлении или скомбинированы в обоих направлениях. Знакопеременные тангенциальные нагрузки и вибрации представляют

Знакопеременные тангенциальные нагрузки и вибрации представляют гораздо большую опасность и быстрее ослабляют обычные резьбовые соединения. Чередование осевых нагрузок и продольных вибраций ведут к ослаблению резьбовых соединений в меньшей степени. Механические крепежные элементы для предотвращения самоотвинчивания могут частично уменьшить усилие затяжки, но препятствуют самоотвинчиванию резьбового соединения. Примеры: корончатые гайки, проволочные фиксаторы, болты с резьбовыми вставками из металла или пластмассы. Эти элементы часто позволяют избежать нарушения фиксированного положения, но они не эффективны для поддержания первоначального усилия затяжки при вибрации и не устраняют развитие фреттинг-коррозии в резьбе.

ПРИЧИНЫ СКОЛОВ РЕЗЬБЫ И ОБРАЗОВАНИЯ ТРЕЩИН

При изготовлении резьбы в результате неточности угла профилирования и установки резьбообразующего инструмента, а также недостаточной жесткости системы «станок-инструмент-изделие», неоднородности обрабатываемых материалов и ряда других факторов, неминуемо появляется комплексная ошибка резьбы, которая определяет характер резьбового сопряжения. Реальный контакт резьбовых соединений происходит по отдельных точкам и в момент затяжки эти точки становятся перегруженными. При действии переменных нагрузок в точках касания витков резьбы зарождаются усталостные трещины, которые приводят к сколу витков и образованию поперечных, спиралевидных или продольных трещин. Например, при проведении геологоразведочных работ большинство аварий, связанных с переменными нагрузками, приходится на резьбовые соединения бурильных труб (до 80%) и только 20% приходится на разрушение тела трубы.

ПРЕИМУЩЕСТВА ФИКСАЦИИ РЕЗЬБЫ АНАЭРОБНЫМИ ГЕРМЕТИКАМИ «ТРИБОПЛАСТ»

Элементы, применяемые для предотвращения ослабления, самоотвинчивания резьбы, устранения сколов и усталостных трещин должны обладать высокой надежностью фиксации. Этим требованиям удовлетворяют анаэробные герметики «Трибопласт». Герметики полностью заполняют микроскопические зазоры между граничными плоскостями резьбовых соединений и затем полимеризуются в прочную, твердую, терморезистивную пластмассу. Резьбовые фиксаторы создают соединение резьбовых поверхностей, сцепляющих их микро и макро неровности, для предотвращения любых перемещений резьбовых деталей. При этом нагрузка равномерно распределяется по всему контуру резьбы независимо от точности ее изготовления и усилия предварительной затяжки. Вот почему резьбовые фиксаторы «Трибопласт» считаются наиболее эффективным средством повышения надежности крепежных резьбовых соединений. Герметиками можно уплотнять стандартные резьбы любого класса точности независимо от нанесенных на них типов защитных покрытий. Допустимый интервал рабочих температур от -60 до +150° С. Допускается кратковременное повышение температуры до +200° С. Для удовлетворения потребностей потребителей в ручной разборке зафиксированных герметиком «Трибопласт» соединений, разработаны герметики с разной степенью фиксации. По степени фиксации герметики делятся на низкопрочные, средней прочности и высокой прочности. Разборка высокопрочных герметиков с помощью ручного инструмента затруднена и требует механизированных гайковертов и предварительной смазки одной из фиксируемых поверхностей тонким слоем минерального масла. Анаэробные герметики «Трибопласт» - это уплотнители, при полимеризации которых образуется нерастворимая, жесткая пластмасса, заполняющая резьбовой зазор, что предотвращает утечку независимо от рабочего давления или усилия наворачивания соединения. Правильно подобранный герметик обеспечивает необходимую прочность соединения, что предотвращает относительное перемещение соединяемых деталей, являющихся в большинстве случаев причиной возникновения течи. Любой уплотнитель может проникать внутрь трубопровода, который он герметизирует, нарушая его работу. Анаэробные герметики лишены этих недостатков. Однако следует

иметь в виду, что герметики «Трибопласт» не пригодны при работе в среде кислорода и сильных окислителей, не пригодны для герметизации соединений, работающих при температурах свыше 200° С.

Как правило, стоимость анаэробных герметиков «Трибопласт» выше стоимости традиционных прокладок, но эти затраты являются минимальными по сравнению с возможным ущербом и затратами на ремонт по причине разгерметизации соединений. Сотни производителей провели сравнительный анализ эффективности применения анаэробных герметиков и подтверждают, что их применение является самым рентабельным методом герметизации и фиксации резьбы.

ФИКСАЦИЯ И ГЕРМЕТИЗАЦИЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ

НЕДОСТАТКИ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ СБОРКИ

В современном машиностроении применяется широкий спектр деталей цилиндрической формы (шестерни, роторы, звездочки, подшипники качения, втулки, заглушки в корпусных деталях, трубки и т.п.), которые неподвижно фиксируются на валах, осях, в корпусах и играют ключевую роль в работе машин. Перечень этих деталей достаточно велик. При их фиксации применяется жесткое механическое соединение на шпонках или шлицах, используются стопорные кольца, пресовая посадка, сварка и пайка.

Жесткие механические соединения – наиболее распространенный метод кинематической связи на шпонках, шлицах, пальцах или зубьях. Они относительно просты для сборки и демонтажа и могут передавать большие крутящие моменты. Однако они имеют ряд недостатков:

1. Возникновение высоких нагрузок из-за эффекта зазубривания, который появляется непосредственно в местах фиксации шлицевых сопряжений;
2. Высокая стоимость механической обработки;
3. Требуют дополнительного устранения осевых перемещений и люфта, присущих большинству конструкций;
4. Шпоночные посадки усиливают дисбаланс и вибрацию при высоких оборотах вращения.

Соединение трением также широко используется в конструкциях машин. В этом случае применяют зажимные муфты и детали, собранные с применением пресовой, горячепресовой и конусной посадок. Их недостатки:

1. Передача крутящего момента основывается только на трении. Есть ограничения в применяемых материалах, форме поверхностей.
2. Необходима точная механическая обработка, что приводит к высокой себестоимости производства;
3. Демонтаж таких сборок бывает затруднен или вообще невозможен из-за внедрения друг в друга материала контактных поверхностей;
4. В собранных с натягом деталях возникают растягивающие напряжения, которые приводят к усталостному разрушению;

Жесткие механические соединения и соединения трением наиболее подвержены фреттинг-коррозии. Они являются источником возникновения вибраций и шумов в редукторах и коробках передач.

Сварные и паяные соединения обладают высокой прочностью и устойчивы к фреттинг-коррозии. Однако имеют ряд ограничений в применении:

1. В большинстве случаев возможно соединение только однородных металлов;
2. Воздействие высоких температур приводит к возникновению остаточных напряжений и деформаций;
3. Демонтаж сварных и паяных деталей затруднен;

4. Сварные детали являются проводниками вибрационных перемещений, что делает их менее предпочтительными в современных машинах.

ПРЕИМУЩЕСТВА ФИКСАЦИИ АНАЭРОБНЫМИ ГЕРМЕТИКАМИ

Недостатки вышеперечисленных методов сборки деталей могут быть устранены, если их дополнять применением фиксирующих герметиков «Трибопласт». В отдельных случаях применение герметиков позволяет заново пересмотреть конструктивное решение узлов, существенно улучшить технико-экономические характеристики машин. Применение герметиков дает следующие преимущества:

УСТРАНЯЕТСЯ ФРЕТТИНГ-КОРРОЗИОННЫЙ ИЗНОС НЕПОДВИЖНЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ СОПРЯЖЕНИЙ,

УСТРАНЯЮТСЯ ЛЮФТЫ В ШПОНКАХ И ШЛИЦАХ,

НЕТ НЕОБХОДИМОСТИ В ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ФИКСИРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТАХ,

СНИЖАЮТСЯ ТРЕБОВАНИЯ К ДОПУСКАМ,

ВОЗМОЖЕН ДЕМОНТАЖ ДЕТАЛЕЙ ПУТЕМ НАГРЕВА С ЦЕЛЬЮ ОСЛАБЛЕНИЯ ПРОЧНОСТИ ГЕРМЕТИКА,

ВОЗМОЖНО ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАЗНОРОДНЫХ ДЕТАЛЕЙ ДЛЯ СОЕДИНЕНИЙ,

ДОСТИГАЕТСЯ РАВНОМЕРНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ДАВЛЕНИЯ ПО ВСЕЙ ПЛОЩАДИ СОПРЯЖЕНИЯ И УМЕНЬШАЮТСЯ ВНУТРЕННИЕ НАПРЯЖЕНИЯ В ДЕТАЛЯХ,

СНИЖАЕТСЯ СТОИМОСТЬ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ,

ВОЗМОЖНО САМОЦЕНТРИРОВАНИЕ ПОДШИПНИКОВ И ВТУЛОК,

ВОЗМОЖНО СОЕДИНЕНИЕ КАК ТВЕРДЫХ, ТАК И ЭЛАСТИЧНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ БЕЗ ИХ ДЕФОРМАЦИИ,

ПОЛУЧЕНИЕ ВЫСОКОЙ СТЕПЕНИ ГЕРМЕТИЧНОСТИ,

УЛУЧШЕНИЕ ВИБРОАКУСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МАШИН.

Применение герметиков позволяет упростить конструкцию, производство и процесс сборки деталей. Например, при монтаже подшипников, герметик, в пределах допустимых ограничений, компенсирует отсутствие точного центрирования деталей. Валы и подшипники, смонтированные без нагрузок и нарушения центрирования, имеют более длительный срок эксплуатации и могут многократно использоваться после их демонтажа и очистки. Появляется возможность использовать тонкостенные конструкции сопрягаемых деталей, которые невозможно применить при наличии прессовых посадок.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ КОНСТРУКЦИЯ ФИКСИРУЕМЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Фиксируемые соединения должны быть выполнены таким образом, чтобы расслаивающая и отрывающая нагрузка на сопрягаемые поверхности были минимальными, а сжатие оставалось в течение всего времени эксплуатации. На рисунке 14 показано предпочтительное исполнение фиксируемых сопряжений.

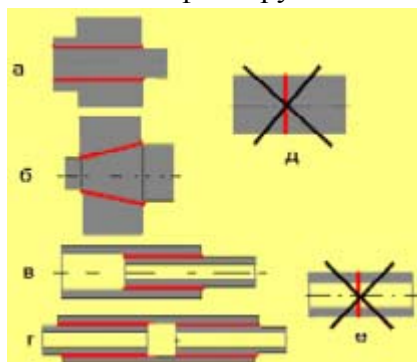


Рис.14. Предпочтительные виды цилиндрических сопряжений для фиксации герметиком «Трибопласт»

Высокую надежность имеют конусные соединения. Они в наибольшей степени выдерживать вибрационные нагрузки, самоцентрируются на валах и способствуют равномерному распределению полимера по всей зоне сопряжения.

Герметик должен заполнять весь зазор. Хотя герметики «Трибопласт» и обладают жидкотекучестью, рекомендуется применять ряд технологиче-

ских приемов (Рис.15), облегчающих их проникновение в зазоры. При фиксации деталей в глухие отверстия герметик рекомендуется заливать перед сборкой на дно отверстия, иначе вытесняемый из отверстия воздух не даст герметику надежно проникнуть на всю глубину сборки (а). Для минимизации возможности схода герметика с поверхностями деталей в момент сборки желательно на торцевых краях соединяемых деталей выполнять фаски шириной 1-2 мм под углом 15-30° к осевой линии деталей (б).

Хороший эффект заполнения дает сборка вала и втулки по уступам, когда запертый в полости стыка герметик под давлением вытесняется в зазор (в). При сборке двух и более деталей на одном конце вала последующую сборку рекомендуется выполнять ступенчато (г).

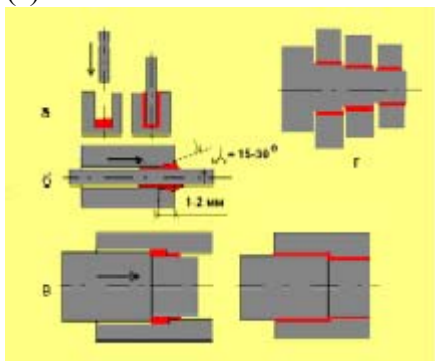


Рис.15. Конструкторско-технологические приемы надежного заполнения зазоров герметиком

Фиксируемые поверхности должны быть очищены от жиров, масел, остатков смазочно-охлаждающих жидкостей. Обычно применяется обезжиривание с использованием растворителей или моющих растворов

на водной основе. Очиститель должен удалять с поверхности все вещества, препятствующие полимеризации герметика. Особенно это касается остаточных нитритов от некоторых моющих растворов на водной основе или смазочно-охлаждающих жидкостей. Такие вещества невозможно удалить даже обезжиривающими растворителями, и для получения хорошего результата требуется промывка поверхностей чистой водой. Травление, абразивная или пескоструйная обработка положительно влияют на прочность сборки. Окончательную обработку поверхностей рекомендуется проводить до уровня шероховатости от 0,8 до 3,2 микрон (Ra). Необходимо избегать очень гладких поверхностей, т.к. они уменьшают коэффициент сцепления материалов. Механическая обработка сопрягаемых поверхностей должна выполняться в зависимости от направления нагрузок на соединение. При этом усилие на соединение должно быть направлено перпендикулярно наибольшей шероховатости деталей. Однако при шероховатости свыше 3,5 мкм существует опасность неполного покрытия герметиком всей поверхности и образования пустот, незаполненных полимером.

При герметизации деталей с различными коэффициентами термического расширения хорошее качество сборки достигается при ступенчатой фиксации (Рис. 16), когда требуется тонкий слой герметика у части фиксируемой поверхности для соблюдения концентричности и толстый слой для компенсации теплового расширения.

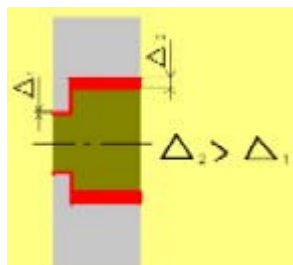


Рис. 16. Схема фиксации деталей с различной величиной коэффициента термического расширения

Сборку деталей с использованием герметика «Трибопласт» можно вести тремя способами: сборка с зазором, сборка с натягом и сборка с нагревом. При сборке с зазором необходимо учитывать, что зазора Δ при осевой фиксации и без фиксации (Рис.17) не должен превышать значений, рекомендованных для каждого вида герметика. Длина сопряжения L должна удовлетворять условию:

$L \geq 60 \cdot \Delta$, где Δ - максимально допустимый зазор в сопряжении.

Иначе герметик или не будет полимеризоваться, или не будет полностью заполнять всю поверхность сопряжения. Если соблюдаются эти условия, эксцентричное расположение вала мало влияет на прочность соединения.

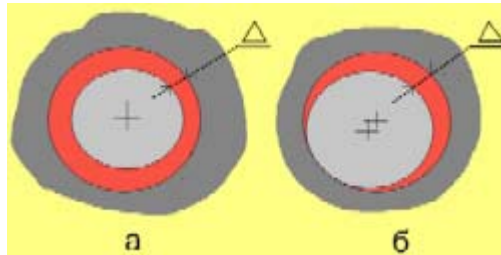


Рис. 17. Сборка цилиндрических соединений с осевой фиксацией (а) и без фиксации (б)

При сборке валов герметик целесообразно наносить по спирали или кольцами. Монтаж комбинированным методом сборки, когда прессовая посадка совмещается с полимерной фиксацией, дает увеличение прочности соединения. Дополнительный нагрев втулки перед сборкой до 200°C повышает надежность сборки. В этом случае герметик следует наносить на холодную деталь. Для герметизации сопряжений, собранных с предварительной прессовой посадкой, применяются низковязкие герметики «Трибопласт-7» или «Антипор АП-2».

«Антипор АП-2» рекомендуется использовать также при герметизации микротрещин и микропор размером не более $0,06\text{ мм}$ (которые не влияют на структурную прочность) в сварных швах. Благодаря его применению достигается «вакуумная» плотность. Перед герметизацией из швов удаляется масло и влага путем прокаливания. Целесообразно проводить герметизацию после сварки, когда шов не содержит в микропорах посторонних загрязнений. В этом случае не требуется его трудоемкая очистка.