

Герметизация разъемных соединений термопластичными клеями

77-48211/479699

10, октябрь 2012

Игнатов А. В.

УДК 621.792

Россия, МГТУ им. Н.Э. Баумана

avi@bmstu.ru

При герметизации рабочей среды в изделиях машиностроения применяются различные конструктивные методы. По технологическим реализациям, указанные методы можно условно разделить на шесть.

Во-первых, точная пригонка контактных поверхностей сопрягаемых деталей, обеспечивающая минимальный зазор в соединении. Пригонка поверхностей осуществляется до тех пор, пока требуемый зазор не обеспечит герметизацию избыточного давления рабочей среды.

Во-вторых, сжатие контактирующих деталей, вызывающее деформацию микронеровностей в контакте. Контактующие детали, устанавливаемые между деталями герметизируемого стыка, изготавливают из материалов, которые должны обеспечивать упругое деформирование, перекрывая каналы утечки.

В-третьих, заполнение зазоров в соединении разделительными средами, препятствующими утечке герметизируемых сред. Наибольшее распространение в качестве таких сред получили так называемые жидкие прокладки – адгезивные материалы, позволяющие многократную разборку соединения и сохраняющие свои адгезивные характеристики.

В-четвертых, использование электромагнитных полей, взаимодействующих с разделительными средами в зазорах соединения. В этом случае генерируется такое направление разделительной среды в

электромагнитном поле, которое препятствует утечкам рабочей среды через герметизируемый стык. При этом методе особое внимание уделяется физико-механическим характеристикам разделительной среды.

В-пятых, генерирование инерционных и вихревых сил, увеличивающих сопротивление истечению сред. Такой метод возможно применять лишь в тех конструкциях, которые позволяют задавать высокие крутящие моменты деталям соединения.

В-шестых, формирование неразъемных соединений методом сварки, пайки и склеивания. Данный метод обеспечивает высокие показатели герметизации рабочей среды, но существенным недостатком этого метода является конструктивная неразборность герметизируемого соединения.

При герметизации плоских разъемных стыков в машиностроении наибольшее распространение, в настоящее время, получил метод герметизации сжатием контактирующих деталей.

Это объясняется, во-первых, его универсальностью, так как данный метод охватывает весь диапазон давлений (включая вакуум), применяемых в машиностроении. Во-вторых, его относительной экономичностью, так как детали, применяемые в качестве контактирующих часто стандартизованы и полностью взаимозаменяемы в случае выхода из строя.

Материал контактирующих сжимаемых деталей выбирается исходя из деформационно-прочностных характеристик, требований к стойкости в определенных средах, долговечности и других показателей, наложенных условиями эксплуатации.

На рис. 1 показаны различные конструкции плоских неподвижных соединений с герметизирующими прокладками. В данных конструкциях сжатие прокладок обеспечивается стандартным резьбовым крепежом, количество которого определяется требуемым контактным давлением на прокладку.

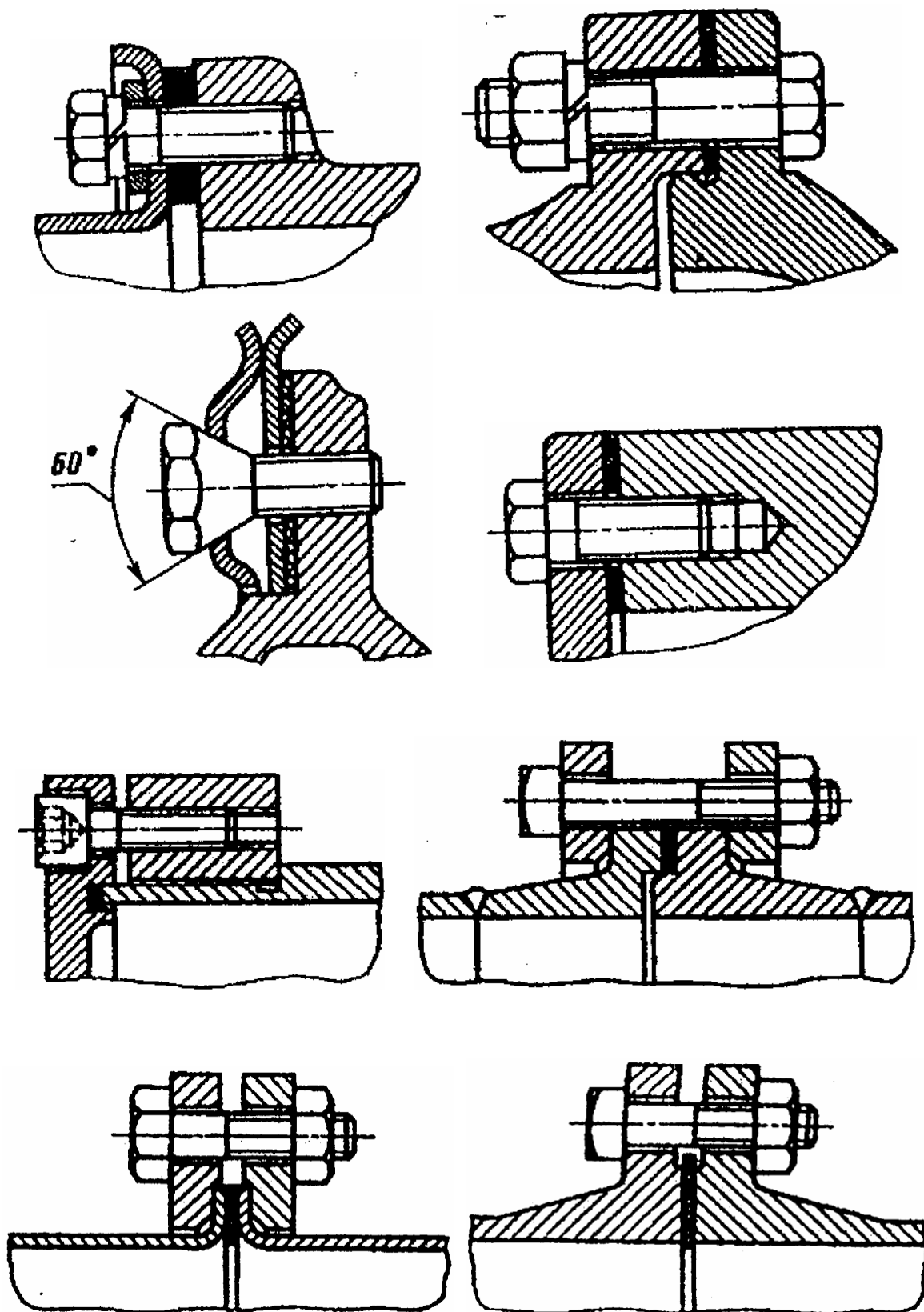


Рис. 1. Конструкции плоских неподвижных соединений с прокладками

Метод герметизации плоских неподвижных стыков с помощью прокладок обладает рядом несомненных преимуществ, которые можно разделить на три условные группы.

Первая группа — технологические преимущества. По сравнению с другими методами, данный обеспечивает процесс герметизации с меньшей трудоемкостью сборки. Применение деформируемых прокладок позволяет относительно снизить требования к качеству сопрягаемых поверхностей. Стандартизация и унификация прокладок позволяет применять унифицированные подходы к сборке и изготовлению уплотнений, что приводит к снижению трудоемкости их изготовления.

Вторая группа — экономические преимущества. К ней можно отнести полную взаимозаменяемость прокладок, доступность указанных материалов, низкие требования к квалификации рабочих на сборочных позициях установки уплотнений. Все это приводит к снижению себестоимости сборки изделий по сравнению с перечисленными выше методами.

Третья группа — эксплуатационные преимущества. Например, такие как надежность герметизации; широкий спектр герметизируемых давлений; высокая степень защиты соединений от щелевой коррозии, простота в эксплуатации и ремонтпригодность.

При герметизации плоских разъемных стыков в машиностроении применяется большое разнообразие конструктивных форм и профилей прокладок. В зависимости от конструкционных требований прокладки выполняются полностью из одного материала различного профиля или представляют собой сложную конструкцию, в которой прокладка собирается из различных по профильному сечению и материалу составляющих.

Герметичность соединения достигается заполнением возможных каналов утечки рабочей среды в результате упругих и упруго-пластических деформаций материала прокладки и фланца в зоне стыка. Это обеспечивается, создаваемым контактным давлением на прокладку. Контактное давление создается силовым узлом и должно быть таким, чтобы скомпенсировать

возможные погрешности формы и шероховатость поверхности фланцев во время работы соединения. При этом, создаваемое давление должно быть меньше допустимого контактного давления, определяемого для каждого материала по его физико-механическим характеристикам. Чрезмерно высокое контактное давление может привести к разрушению прокладки и преждевременному выходу из строя герметизируемого узла. Материал прокладки выбирается более мягким, чем материал фланцев. Благодаря этому поверхность фланцев не повреждается под действием рабочей нагрузки. При ремонте возможно заменить прокладку, гарантируя неизменными эксплуатационные показатели соединения. Качество поверхности фланцев и прокладки значительно влияет на долговечность соединения.

Сокращение сроков, уменьшение трудоемкости, себестоимости сборки узлов с прокладками и повышение качества герметизации является важным условием технического прогресса в машиностроении. Особое значение эта проблема приобретает в условиях единичного и серийного производства, характеризующихся большой номенклатурой, малыми партиями на каждый типоразмер прокладок, частой сменой объекта сборки. Использование традиционных твердых прокладок требует применения дорогостоящего оборудования, высокой квалификации рабочих, точности и качества выполнения соединений, трудоемкости обработки на стадии эксплуатации, технического обслуживания и ремонта. Одним из решений указанных задач является применение адгезивов.

Под адгезивом следует понимать клейкие материалы, образующие адгезионные связи с поверхностью твердого тела. К ним относятся клеи, герметики, мастики, грунтовки, пластизоли, шпаклевки. Условно все применяемые адгезивные материалы можно разделить на термореактивные и термопластичные. Термореактивные адгезивы при отверждении переходят в необратимое нерастворимое и неплавкое состояние. Термопластичные адгезивы после образования соединения сохраняют способность к повторному применению под воздействием температуры.

Такое пристальное внимание к адгезивным соединениям не случайно. Эти соединения применяются на заключительной стадии производства изделия — сборке. Уровень выполнения сборочных работ обуславливает качественный уровень всего изделия, а, следовательно, влияет и на ее себестоимость. От качественного выполнения герметичного соединения зависят эксплуатационные характеристики изделия, долговечность, экологическая безопасность и непосредственно здоровье обслуживающего персонала.

Герметизация соединений с помощью адгезивов имеет ряд несомненных преимуществ. Только адгезивы способны заполнить все микронеровности на поверхности контакта герметизируемого стыка, устраняя тем самым возможность утечки герметизируемой среды по неплотностям прилегания уплотнения. Адгезивные уплотнения обладают способностью вибро- и шумопоглощения, способностью изменять цвет за счет введения наполнителей, улучшая тем самым дизайн конструкции. В отличие от большинства традиционных твердых прокладок (резина, фибра, паронит, фторопласт, металл и др.), адгезивные прокладки можно наносить в режиме безотходного производства. Мировой опыт применения адгезивных уплотнений позволяет говорить о том, что адгезивные уплотнения можно наносить непосредственно на месте сборки с низкой трудоемкостью процесса не тратя средства на их транспортировку и хранение.

В подавляющем большинстве случаев, адгезивные уплотнения обладают меньшей массой и меньшими габаритами, чем традиционные твердые прокладки. Это объясняется независимостью адгезионных и когезионных характеристик адгезивов от уменьшения высотных габаритов соединения.

Только адгезивные материалы можно формировать в процессе сборки герметичного соединения. Существует целая гамма герметиков, которые можно наносить на поверхности различной конфигурации в пространстве, отверждаясь на них, формируется готовая к работе прокладка. Разработано большое количество средств механизации и автоматизации, позволяющих наносить адгезивы различных физико-механических характеристик на рабочие

поверхности разного профиля. Траектория нанесения адгезива может быть абсолютно произвольной — замкнутой и незамкнутой, плоской и пространственной.

Большинство адгезивных материалов, применяемых для герметизации стыков, обладают упруго-эластичными характеристиками. Это делает предпочтительными адгезивные уплотнения в случаях, когда необходима компенсация перекосов, возникающих при эксплуатации стыка.

Однако, в настоящее время, еще мало изучены возможности различных адгезивных материалов для создания герметичных разъемных соединений. Большинство адгезивов разрушается при разборке таких соединений или число разборок ограничено. Термореактивные адгезивы давно применяются для создания герметичных неразъемных соединений. В разъемных соединениях такие материалы не применяются из-за необратимости процесса отверждения. Термопластичные адгезивы занимают около 5% от общего применения адгезивов в машиностроении и их свойства в области герметизации мало изучены.

Разборные конструкции, применяемые в машиностроении, предъявляют свои требования к прокладкам. Для большинства стыков важно обеспечить точность соединения по высоте, что резко ограничивает гамму применяемых герметиков или требует дорогостоящего сборочного оборудования либо технологических и конструктивных изменений изделия. Часто встречаются соединения, расположение и конфигурация которых требуют тиксотропных свойств применяемых материалов, т. е. способности адгезива держаться на вертикальной поверхности. Желательно в качестве герметизирующей прокладки иметь пластичный материал, который равномерно и упруго сжимается под силой, приложенной к стыку для его герметизации. Это особенно необходимо для соединений, работающих в зонах вибрации и ударной нагрузки. Неравномерное сжатие может привести к возникновению каналов утечки и снижению герметичности. Материал прокладки должен отвечать требованию непрерывности и равномерности шва по всей траектории нанесения прокладки, не допуская изменения толщины или трещин на изгибах и перепадах стыка.

Под нагрузкой, приложенной к стыку при работе и испытаниях, адгезивная герметизирующая прокладка (после отверждения) не должна растрескиваться, нарушая прочность и герметичность соединения. При этом она не должна растекаться за границы стыка. Особенно важно, чтобы она не попала в рабочую зону герметизируемой конструкции. Это может привести к преждевременному выходу изделия из строя.

В МГТУ им. Н.Э. Баумана был разработан метод герметизации разъемных соединений с термопластичными материалами, позволяющий учесть выдвигаемые в машиностроении эксплуатационные требования.

Термопластичные клеи поставляются в твердом состоянии и представляют собой упругий материал различного цвета, лишенный способности прилипать к поверхности. Такой материал становится клеем с высокой вязкостью после разогрева до жидкого состояния. После остывания термопластичный клей образует неразъемное соединение. При соблюдении технологии разогрева этот процесс можно повторить многократно. Процесс их отверждения можно значительно ускорить, применяя различные холодильные установки на последней стадии формирования уплотнения.

Разработанную технологию можно описать в следующей последовательности. На заданную траекторию нанесения подается пруток из термопластичного адгезива. Одновременно с передвижением по траектории нанесения происходит параллельное расплавление объема термопластичного адгезива, и прогрев поверхности под нанесение и формирование предварительного профиля прокладки.

Предлагаемый технологический процесс можно условно разделить на два этапа. На первом этапе (рис. 2) подающий и прижимной ролики исполнительного устройства подают пруток термопластичного адгезива на поверхность герметизируемого стыка под формирующий ролик. Формирующий ролик обеспечивает постоянный контакт с поверхностью нанесения и давит на клей с силой $P'_{пр}$. Параллельно под него подается струя горячего воздуха из сопла исполнительного сборочного устройства. На горячий воздух возложено две

задачи. Во-первых, разогреть термопласт до температуры плавления, а во-вторых, разогреть поверхность для его нанесения, обеспечивая адгезионные связи с ней. Горячий воздух способствует лучшей подготовке поверхности под склеивание.

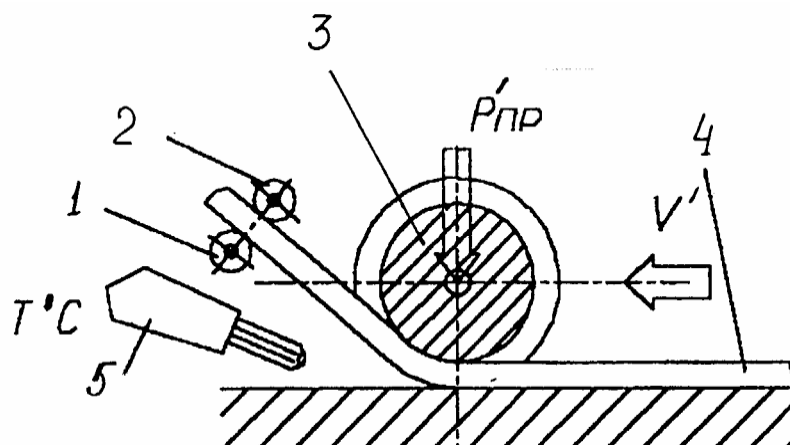


Рис. 2. Нанесение термопластичной прокладки: 1 – прижимной ролик;
2 – подающий ролик; 3 – формирующий ролик;
4 – нанесенный термопластичный адгезив; 5 – сопло подачи горячего воздуха

Формирующий ролик, при движении по заданной траектории, обеспечивает объемное давление на расплавленный термопластичный адгезив, которое необходимо для заполнения микронеровностей поверхности. Таким образом, под роликом создается малый объем расплавленного адгезива, который копирует профиль обода формирующего ролика. Сам ролик не имеет принудительного нагрева и способствует отводу тепла с поверхности, формируемой прокладки. Поэтому после прохождения формирующего ролика сохраняется форма термопластичной прокладки. Скорость перемещения формирующего ролика зависит от скорости расплавления термопласта до состояния, когда тот будет способен к формообразованию. Снижение скорости перемещения от расчетной для данного адгезива может привести к перегреву клея, что приведет к его растрескиванию и не пригодности для дальнейшей эксплуатации. Оптимальная скорость перемещения позволяет сформировать равномерный по габаритным размерам профиль адгезивной прокладки на всей

траектории нанесения. Направленная подача струи горячего воздуха в область, расположенную под формирующим роликом, исключает перегрев адгезива за пределами зоны нанесения.

На втором этапе (рис. 3) формируется окончательный профиль прокладки. Второй формирующий ролик, идущий вслед за первым, разогревает термопластичный адгезив сверху. Таким образом, все твердые включения, которые могли не расплавиться на первом этапе, при нагреве снизу, расплавляются и поверхность прокладки принимает однородный по структуре вид. Формирующий ролик второго перехода имеет принудительный нагрев и давит на формируемую прокладку с силой прижима $P''_{пр}$. Под действием температуры нагрева и силы прижима, прокладка принимает окончательную высоту h . Формирующий ролик перемещается со скоростью, необходимой для разогрева термопласта до способности копировать профиль обода ролика и не вызывающей перегрев клея.

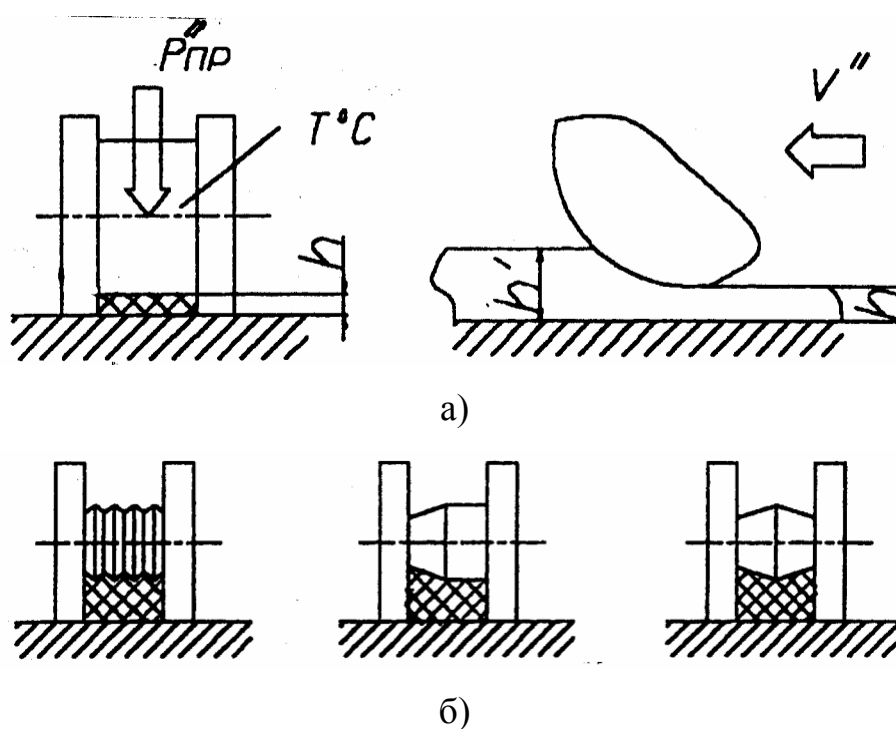


Рис. 3. Формирование профиля термопластичной прокладки: а) формирование плоской прокладки; б) примеры профилей прокладок

На втором этапе можно сформировать практически любой профиль прокладки (см. рис. 3). Важно отметить, что эта возможность осуществляется в безотходном режиме. Это достигается лишь сменой второго формирующего ролика на ролик с новым профилем и не зависит от типа–размера прокладки или серийности производства.

Профиль термопластичной прокладки диктуется особенностями эксплуатации. Не меняя габаритов прокладки, изменив только ее профиль можно повысить уровень герметичности.

В результате того, что термопластичную прокладку формируют непосредственно на одной из поверхностей разъемного соединения, установлено, что применение адгезивной термопластичной прокладки позволяет уменьшить количество опасных зон утечки до одной, т. е. со стороны разъема стыка. Это значительно снижает риск разгерметизации соединения, в том числе из-за дефектов поверхности фланцев и попадания в зону герметизации инородных тел (рис. 4).

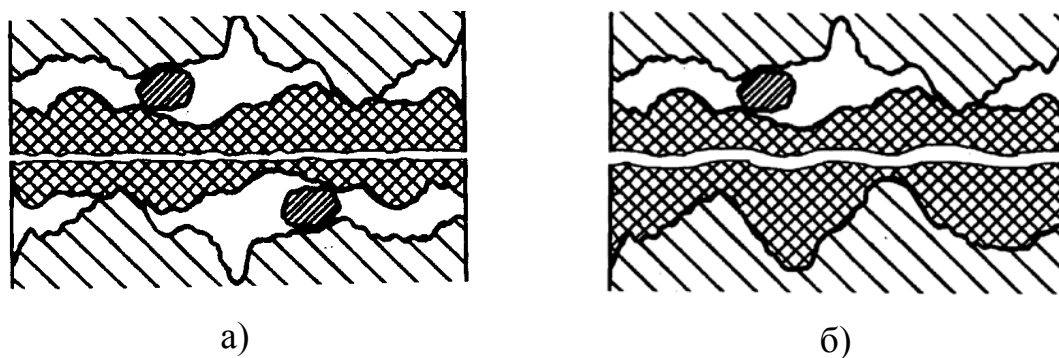


Рис. 4. Заполнение шероховатости поверхностного слоя герметизирующими прокладками: а) традиционной; б) термопластичной

Разработка описанного метода расширяет область применения адгезивных уплотнений и позволяет использование преимуществ клеевых соединений в разборных конструкциях.

ЛИТЕРАТУРА:

Пат. 2198741 (РФ). Способ нанесения клеевого слоя на поверхность детали и установка для его осуществления / А.В. Игнатов // Изобретения. – 2003. – № 5.