

## **Герметизация фланцевых соединений с использованием ленточных уплотнителей на основе терморасширенного графита**

Снижение затрат на эксплуатацию и обслуживание технологического оборудования - один из наиболее значимых вопросов, стоящих перед руководителями промышленных предприятий. Учитывая, что в России основные производственные фонды большинства отраслей промышленности сейчас изношены, сокращение издержек становится все более актуальным. Решить эту проблему помогут уплотнители для разъемных соединений. Они обеспечивают безаварийную работу оборудования, а использование современных материалов и внедрение новых энерго- и ресурсосберегающих технологий герметизации позволяет сократить издержки на обслуживание и ремонт.

### *Надежная герметизация - проверенный способ снижения издержек*

Одним из важнейших факторов, мешающих развитию отечественной промышленности, является высокая энерго- и ресурсоемкость материального производства и низкий технический уровень оборудования. Поэтому практически для всех промышленных отраслей, будь то энергетика, нефтехимия или машиностроение, актуальной является сейчас проблема обеспечения надежной герметизации разъемных соединений. Решение ее позволит избежать ненужных затрат временных, человеческих и материальных ресурсов.

Любой контактный уплотнитель работает по следующей схеме: его с большим усилием сжимают в разъемном соединении, создавая запас потенциальной энергии упругости. При этом материал уплотнителя перекрывает собой микроканалы на уплотняемой поверхности фланцев и тем самым предотвращает утечку рабочей среды.

До недавнего времени для фланцевых соединений использовались уплотнительные материалы, изготовленные на основе асбеста. В ряде случаев, особенно при герметизации сред с высоким рабочим давлением и температурой, применялись металлические (как правило, стальные) плоские, трубчатые или спирально навитые прокладки. Многолетний опыт эксплуатации этих уплотнений показал, что они имеют ряд существенных недостатков и не могут обеспечить надежную герметизацию в условиях циклических тепловых и динамических нагрузок.

В частности, содержащий асбест паронит не обеспечивает необходимого запаса энергии упругости и подвержен релаксации - особенно в условиях циклических нагрузок. Это, в свою очередь, вызывает ослабление затяжки уплотнения и как следствие - потерю герметичности. Таким образом, сокращаются межремонтные сроки эксплуатации оборудования, и требуются дополнительные затраты на устранение аварийных ситуаций при разгерметизации.

### *Уплотнительные изделия нового поколения*

В настоящее время широко известны опасные последствия, вызванные применением асбеста. Особую опасность представляет асбестовая пыль. В развитых странах жесткие требования экологической безопасности, высокая конкуренция и возрастающие требования современной промышленности обусловили интенсивное развитие уплотнительной техники, внедрение новых материалов и передовых технологий. С конца 70-х годов ведущие западные компании, специализирующиеся в области уплотнений, вынуждены были затратить огромные усилия и средства на разработку новых безасбестовых материалов для применения их в качестве уплотнений во фланцевых соединениях и набивках сальников арматуры и насосов.

В результате были получены и апробированы альтернативные уплотнительные материалы, среди которых доминирует терморасширенный графит (ТРГ), или пенографит, нашедший наиболее широкое применение. Этот материал создан в результате научных и технологических разработок на основе природного графита путем термической обработки гидролизированных интеркалированных соединений графита (ИСГ). Совокупностью физико-химических свойств материалов на основе графита обусловлено их эффективное применение в качестве уплотнительных.

В 1990 году группа ученых МГУ им. Ломоносова во главе с д. т. н. В. В. Авдеевым занялась освоением промышленного производства отечественного уплотнительного материала на основе ТРГ. В целях разработки и внедрения высоких технологий химической и термической обработки природного графита было создано научно-производственное предприятие, на базе которого отечественными специалистами был получен и апробирован уникальный материал - гибкая графитовая фольга. Продукт не уступал по качеству западным аналогам - в частности, по содержанию чистого углерода (99,5%). В последующие годы чистота графита была доведена до уровня 99,9%.

Уплотнения на основе графитовой фольги оказались не только экологически чисты, но и устойчивы к воздействию органических и минеральных кислот (за исключением серной кислоты при концентрации выше 60% и азотной кислоты при концентрации выше 10%, царской водки, хромовой кислоты), спиртов, альдегидов, эфиров, хлорорганических и хлорнеорганических сред.

Энергетика - одна из первых отраслей российской промышленности, на предприятиях которой были опробованы разработки ученых МГУ. Результаты оказались убедительными: межремонтный период оборудования, в котором применялись графитовые уплотнители, увеличился примерно в 3 раза. Снижение затрат на обслуживание оказалось довольно значительным, и в 2001 году глава РАО «ЕЭС России» А. Б. Чубайс распорядился более широко применять этот материал на всех электростанциях энергосистемы.

#### *Ленточные уплотнители - новые возможности для российских предприятий*

В России с началом внедрения уплотнений на основе пенографита проблема надежной герметизации была отчасти решена, но лишь для разъемов небольших габаритов. Отечественные производители не выпускали листовые уплотнения шириной более 1000 мм. Поэтому потребители по-прежнему использовали старые материалы, так как покупать чрезвычайно дорогие уплотнители импортного производства (которые тоже ограничены размером в 1500 мм) российские предприятия зачастую просто не имели возможности.

Отечественными специалистами был предложен новый подход к решению проблемы. Он заключался в использовании так называемых ленточных уплотнений. Было предложено вырезать графитовую ленту из рулона фольги, подвергать специальной деформационной обработке (гофрированию), а затем укладывать непосредственно на разъем по спирали, формируя многослойную прокладку.

Самая сложная задача, которую специалистам предстояло решить, - это найти правильный способ гофрирования фольги, ведь она неэластична и не обладает достаточной гибкостью. В результате многочисленных экспериментов решение было найдено. Новый способ гофрирования получил название «непрерывная деформация в упругой оболочке». Суть изобретения в следующем: графитовая лента пропускается через пару зубчатых колес, вершины зубьев которых покрыты пленкой из упруго-эластичного полимерного

материала. В результате при вращении зубчатых колес графитовая лента деформируется в условиях всестороннего сжатия, что исключает ее повреждение с появлением трещин и разрывов.

Таким образом, была решена задача по отработке технологии получения фланцевых ленточных уплотнений. Новый метод герметизации имеет ряд существенных преимуществ по сравнению с традиционными способами:

1. Появилась возможность формировать прокладку любого радиуса и любой формы.
2. Ленточная технология уплотнения безотходна, в то время как при вырубке уплотнений из листов часть материала просто выбрасывается.
3. Монтаж ленточного уплотнения очень удобен. Ленты можно устанавливать непосредственно на уплотняемой поверхности фланца ручным методом.

#### *Усовершенствование нового метода герметизации*

Однако, наряду с очевидными преимуществами, новый метод герметизации имел и ряд недостатков. Во-первых, при укладке уплотнителя не был исключен обрыв ленты. Во-вторых, качество и точность укладки не были достаточными - при ручном методе имело место небольшое смещение слоев ленты в радиальном направлении. В-третьих, негативным фактором с точки зрения охраны труда являлось применение аэрозольного клея. И, наконец, очень сложно было осуществлять укладку ленты в труднодоступных местах и в стесненных условиях - например, когда фланцевое соединение располагалось ниже уровня перекрытия.

В результате дальнейшей работы по усовершенствованию продукта и технологии в целом была получена лента с клеевым слоем и лента с заданным радиусом кривизны. Для этого разработали и апробировали установки для нанесения клея на ленту и для ее закругления. Закругленную ленту гораздо легче укладывать в труднодоступных местах, а наличие липкого слоя позволяет зафиксировать слои, исключая их смещение. Особенно ценным новшеством стали ленточные уплотнители, армированные стальной нержавеющей лентой. По основным физико-механическим свойствам (прочность на сжатие, циклическая стойкость к релаксации, упругость, прочность на разрыв и т.п.) такие уплотнители существенно превосходят уплотнители без армирования. Теперь их невозможно повредить при укладке и эксплуатации.

В настоящее время ленточные уплотнения на основе графита опробованы и успешно применяются во многих отраслях промышленности: нефтяной, целлюлозно-бумажной, химической, металлургической, деревообрабатывающей и др. Опыт показывает, что применение новейших технологий позволяет значительно повысить технический уровень оборудования и тем самым снизить производственные издержки.

Однако немаловажным является и вопрос доступности продукта для потребителя. Поэтому следует отметить, что производство ленточных графитовых уплотнений - одна из немногих сфер российской промышленности, где удалось применить отечественные наработки и создать продукт мирового качества, оставив его при этом доступным по цене для российских предприятий.