

# Гибкие трубопроводы из нержавеющей стали для криогенной техники



© ЗАО "ВЗМ"

**Металлорукаву практически нет альтернативы при транспортировке продуктов в условиях низких температур. Как сделать его не только надежным и безопасным, но и удобным при монтаже и эксплуатации?**

Система трубопроводов для перекачки криогенных продуктов – высокоответственное оборудование с особыми требованиями к его надежности. Под криогенными продуктами имеются в виду вещества или смесь веществ, находящихся при криогенных температурах: жидкие кислород, азот, аргон, углекислый газ, метан (СПГ), а также водород и гелий (в случае с использованием жидкого водорода и гелия рабочие температуры достигают отметки ниже минус 250 градусов Цельсия).

Низкие температуры диктуют особые требования к типу применяемых трубопроводов, к материалам, из которых они изготавливаются, и присоединительной арматуре. Кроме высокой стойкости при таких температурах и средах необходимо, чтобы трубопровод оставался гибким и герметичным. Также не будем забывать, что работа с большинством криогенных продуктов сопряжена с опасностью возникновения пожара на производстве. Разгерметизация трубопровода чревата не только обморожениями персонала, но и

разрушением (включая взрывное) оборудования.

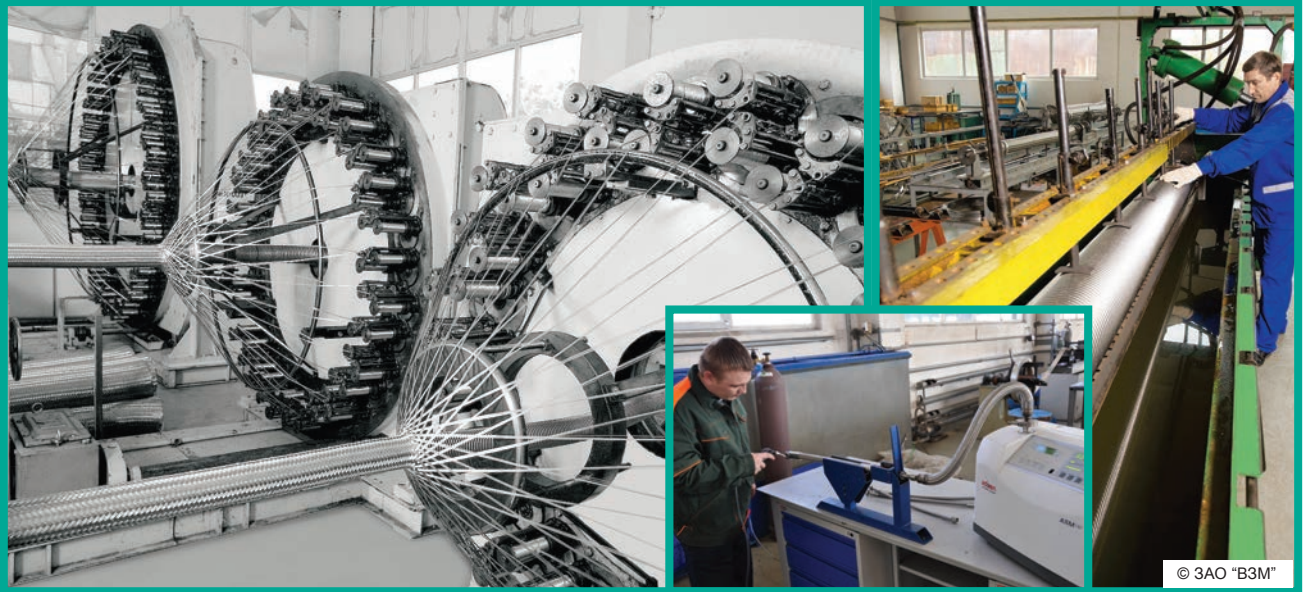
## Решение

Для перекачивания криогенных продуктов с высокой степенью надежности и безаварийности используются гибкие трубопроводы (металлорукава) из нержавеющей стали. Нержавеющая сталь имеет отличные показатели хладостойкости при сохранении показателей прочности и износостойкости. Данный материал успешно противостоит разрушающему воздействию рабочей и окружающей среды, сохраняя высокую ударную вязкость при низкой температуре и прочность на разрыв. Рукава из нержавеющей стали имеют длительный срок эксплуатации и не требуют постоянного обслуживания. Конструкция металлорукава обеспечивает прочное герметичное соединение, которое компенсирует деформации в трубопроводных системах, возникающие под воздействием криогенных температур.

## Применение металлорукавов

Основные сферы применения гибких нержавеющих металлорукавов в криогенной технике:

- транспортировка криогенных жидкостей из одной емкости в другую; например, слив и наполнение цистерн, резервуаров (ТРЖК и др.), газификаторов. Здесь основное решение – рукава относительно большого диаметра, более 40 мм;
- в переливных устройствах для сосудов Дюара для передачи жидкого азота, гелия, неона и др. газов к их месту потребления или хранения. Для этих целей особенно часто применяются металлорукава малых диаметров (20 мм и меньше);
- в воздухоразделительных установках (ВРУ), а также насосных криогенных кислородных, азотных, углекислотных и др. установках на линиях всасывания, нагнетания и дегазации;
- на участках трубопроводов, где требуется компенсация температурных деформаций при охлаждении и испарении продукта. Для этих целей чаще всего применяют металлорукава небольшой длины, так как использование длинных металлорукавов не оправдано ввиду увеличения потерь давления рабочей жидкостью.



Возможность монтажа и эксплуатации нержавеющих рукавов с относительно малым радиусом изгиба при достаточной длине выявляет еще одно важное преимущество металлорукавов – мобильность системы. Использование гибких металлорукавов из нержавеющей стали позволяет быстро соединить резервуары между собой, независимо от их взаимного месторасположения, что особенно важно в полевых условиях.

#### Конструктивные особенности

Основа металлорукава из нержавеющей стали – высокоэластичный гофрированный сильфон, изготовленный методом механической или гидравлической формовки из высоколегированной коррозионностойкой стали аустенитного класса. Для изготовления сильфона наиболее часто применяются стали российских марок 08X18H9, 12X18H10T либо их зарубежные аналоги серии 300 по AISI. Сталь имеет высокую степень хладостойкости, а также высокую стойкость к агрессивным средам. Сильфон отвечает за гибкость рукава и имеет несколько вариантов исполнения: стандартный или с увеличенной гибкостью (за счет измененной геометрии гофрирования – а именно шага и высоты

гофра), или для использования при повышенном рабочем давлении (за счет увеличения толщины стенки).

Снаружи сильфон защищен проволочной оплеткой в один или несколько слоев также из коррозионностойкой стали. Оплетка обеспечивает работу тонкостенного сильфона при высоком рабочем давлении, а также защиту от механических повреждений. Для улучшения рабочих характеристик по давлению может быть использована оплетка в два или даже три слоя.

Соединение металлорукавов и жесткого трубопровода осуществляется через различные типы концевой арматуры. На малых диаметрах, а также в сосудах Дюара сравнительно небольшого объема широко используются рукава с резьбовыми соединениями (ниппелями с накидной гайкой). Для систем слива и налива используются рукава относительно большого диаметра с различными быстроразъемными соединениями, например, гайками POT по ГОСТ 19334 или их аналогами – AIGA, EIGA и др. При использовании металлорукавов средних и больших диаметров часто применяют фланцевое соединение по российским ГОСТ, а также зарубежным DIN и ANSI (ASME). Возможно использование

рукавов с гладкими концами под последующую приварку непосредственно к жесткому трубопроводу.

#### Как правильно выбрать

В условиях высочайших требований, предъявляемых к гибким трубопроводам компаниями, производящими и использующими криогенную технику, выбор поставщика должен проводиться с особой тщательностью. На рынке действует множество фирм, предлагающих продукцию, изготовленную «на коленке». Обычно такие «гаражи» располагают сварочным постом для одной-единственной операции – сварки сильфона и концевой арматуры. Сильфон в оплетке такие предприятия покупают уже кем-то изготовленный по принципу «чем дешевле, тем лучше». На выходе получается рукав с низкой ценой и весьма неопределенным качеством, совершенно непроверенным с точки зрения эксплуатационных характеристик. Применение такого рукава в сложных условиях криогенной отрасли может привести к потере герметичности в системе, выходу из строя дорогостоящего оборудования или даже к аварии.

Элементарный здравый смысл подсказывает проверять изготовителя на пред-



мет наличия комплекса оборудования для производства полного цикла: от изготовления сиффона до мойки и сушки готовых металлорукавов. При этом наличие технологической цепочки для производства гофрированного сиффона и его оплетки особенно важно, поскольку условия эксплуатации гибких рукавов в криогенной отрасли требуют специальных технических решений почти для каждого случая.

Контроль качества на предприятии-изготовителе металлорукавов должен осуществляться на каждом этапе: начиная с входного контроля материалов для изготовления рукавов и заканчивая испытаниями всей готовой продукции.

Обязательным условием при производстве качественных металлорукавов является наличие у производителя полноценной испытательной базы. Все рукава должны пройти, в первую очередь, контроль герметичности на гидравлических или пневматических испытательных стендах. Обычно металлорукава испытываются избыточным давлением, превышающим рабочее на 25-50%. Наи-

более эффективным на сегодня методом проверки герметичности является масс-спектрометрия с применением гелиевого течеискателя. В нем в качестве среды для выявления микротрещин сиффона или микропор на сварочных швах металлорукавов используется газообразный гелий, который закачивается внутрь рукава и в случае утечки мгновенно улавливается специальным щупом. Такой метод проверки рукавов гарантирует полную герметичность готовой продукции.


#### Меры по техническому обслуживанию

Для долгой и безопасной работы гибких металлорукавов из нержавеющей стали необходимо соблюдать три простых правила:

- регулярно и очень внимательно проводить осмотр металлорукавов для своевременного выявления изменений геометрии и внешнего вида оплетки, присоединительной арматуры и сварочных швов;

- в случае необходимости и при наличии такой возможности проводить дополнительный контроль герметичности системы (опрессовку) на рабочее давление;

- соблюдать правила монтажа и эксплуатации, прописанные в руководстве по эксплуатации.

Металлорукава, не прошедшие испытания или с отклонениями от нормы, выявленными при осмотре, а также рукава с истекшим сроком гарантийной наработки должны быть заменены. 

#### АВТОРЫ СТАТЬИ

Станислав Платов (ЗАО «Владимирский завод металлорукавов») при экспертной поддержке Александра Григорьевича Лебеды, начальника сектора ОАО «Криогенмаш», и Татьяны Алексеевны Волошкевич, инженера-конструктора ОАО «НПО «Гелиймаш»