

Ю. К. Кузьмин, главный конструктор проекта ЗАО «НПФ «ЦКБА»

## ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИЙ КРИОГЕННОЙ АРМАТУРЫ

В криогенной технике или, как ещё называют, в технике сверхнизких температур, как правило, применяются все виды трубопроводной арматуры, используемые в других отраслях промышленности: клапаны, задвижки, краны, заслонки, регулирующая, обратная и предохранительная арматура.

Специфика криогенных сред, к которым относятся: гелий, водород, фтор, неон, азот, кислород, углеводороды и др., применяемых как в жидком, так и в газообразном состоянии при температурах до минус 260 °С, предъявляет свои требования к конструкциям криогенной арматуры, что отличает её от арматуры, применяемой при других условиях эксплуатации.

### Общие требования, предъявляемые ко всем видам криогенной арматуры:

1. Металлы, применяемые для криогенной арматуры, должны иметь ударную вязкость не ниже 2 кг·см/см<sup>2</sup> при той температуре, на которую они эксплуатируются, и обладать способностью сохранять свои механические и пластические свойства в условиях длительной эксплуатации при сверхнизких температурах.

Этим требованиям отвечают, в основном, стали аустенитного класса и цветные металлы, например, бронза, латунь, медь.

Наиболее распространённой является сталь 12X18H9T, применяемая на температуру до минус 200 °С.

Для более низких температур применяется сталь с высоким содержанием никеля, например, ЭП-222 и др.

В связи с тем, что при криогенных температурах на работоспособности арматуры сильно сказывается концентрация напряжений, металлы, применяемые для изготовления деталей, не должны иметь раковин, шлаковых и неметаллических включений, а в конструкциях не должно быть резких переходов от толстых стенок к тонким.

Для изготовления наиболее ответственных и нагруженных деталей применяют прокат и поковки, которые проходят строгий контроль всех механических свойств, а сварные швы — 100% контроль рентгеном. При выборе коэффициента запаса необходимо учитывать, что при криогенной температуре металлы упрочняются.

2. Арматура, длительно работающая в условиях сверхнизких температур, выполняется, как правило, удлиненной, когда сальник или



Юрий Константинович Кузьмин

сильфон, герметизирующая прокладка и узел управления выносятся в тёплую зону с целью обеспечения их надёжной работы.

Расстояние от оси трубопровода до тёплой зоны принимается 400 мм и больше.

За счёт этого жидкая среда испаряется в тёплой зоне и создаёт газовый тепловой барьер.

Поэтому установочное положение арматуры принимается вертикальное с отклонением до 75° к горизонту для предотвращения затекания жидкой криогенной среды в верхнюю часть корпуса и обмерзания прокладочного соединения и сальника.

3. Установленная на трубопроводе арматура должна иметь тепловую изоляцию, обеспечи-

вающую уменьшение теплопритока к среде и снижающую её испарение. Вид изоляции может быть различным и принимается по виду изоляции всего трубопровода.

Арматура, предназначенная для сред с низкой теплотой испарения (жидкие водород и гелий), должна иметь теплоизоляцию на основе вакуума, которая отличается значительно лучшими характеристиками, чем обычные виды изоляции (см. Рис. 1). Необходимость в высококачественной изоляции вызвана тем, что с понижением температуры теплопритоки из окружающей среды возрастают, а их отрицательное влияние резко увеличивается. Кроме того, у таких веществ, как водород и гелий, теплота

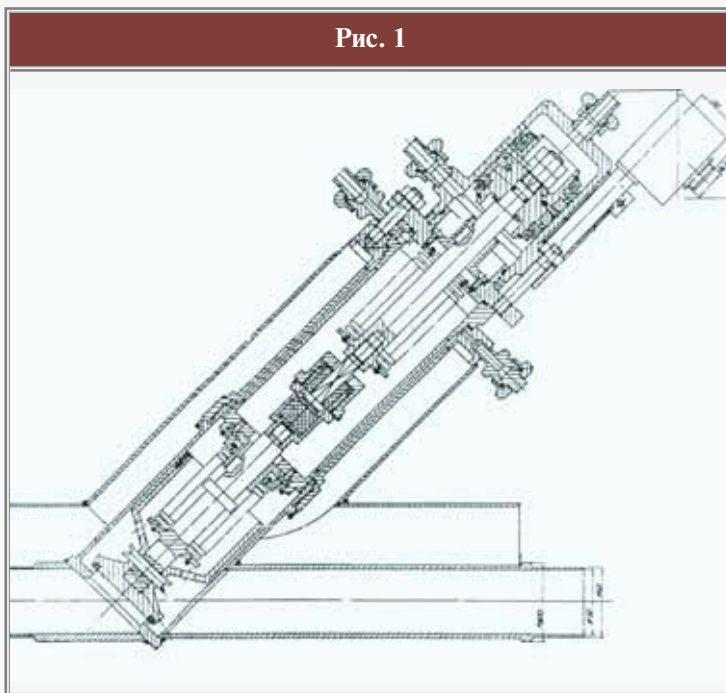
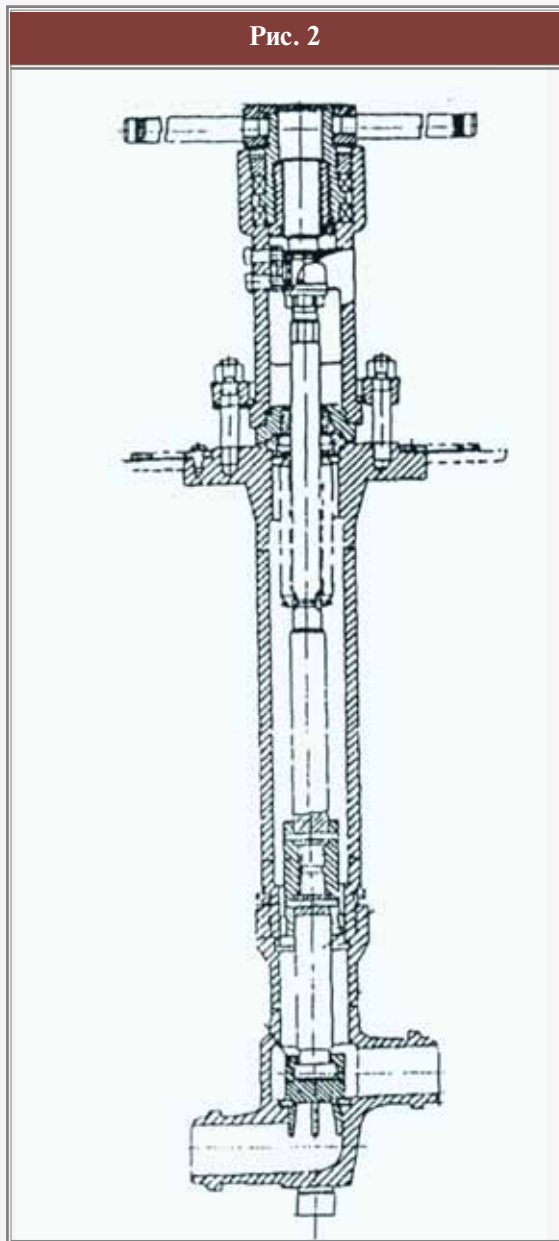


Рис. 1

Рис. 2



парообразования низка, это приводит к интенсивному испарению больших количеств жидкости от теплопритоков.

Приток тепла из окружающей среды происходит как через теплоизолирующее пространство, так и через «тепловые мосты».

Задача конструктора криогенной арматуры заключается в сведении к минимуму теплопритоков. Минимальный перенос тепла через теплоизоляцию за счёт теплопроводности обеспечивается созданием вакуума в теплоизолирующем пространстве  $1 \cdot 10^{-5} \div 1 \cdot 10^{-6}$  мм.рт.ст., а лучистый теплоприток существенно снижается за счёт полировки внутренних поверхностей изоляционного пространства. Для снижения теплопритоков по элементам, соединяющим теплую и холодную зоны арматуры, применяют тепловые мосты (см. Рис. 1).

Принцип конструирования таких мостов состоит в использовании конструкций с малой площадью поперечного сечения и применений материалов с

малым коэффициентом теплопроводности (нержавеющая сталь, пластмасса, текстолит).

4. Присоединение арматуры к трубопроводу выполняется фланцевым или штуцерно-нипельным, обеспечивающим достаточную степень герметичности при колебаниях температуры и теплосменах.

Арматура с вакуумной теплоизоляцией, а также арматура для сред с высокой проникающей способностью и взрывоопасных сред выполняется с присоединением к трубопроводу на сварке.

5. Следует учитывать в конструкциях также следующие факторы: влияние низких температур на размеры деталей, вопросы заеданий (подбора пар трения), а также совместимость рабочей среды со смазкой, которая в холодной зоне, как правило, не применяется, а используется в «тёплой зоне».

#### Конструкция узлов криогенной арматуры

Криогенная арматура состоит из тех же узлов, что и арматура, предназначенная на нормальные условия эксплуатации.

1. Сильфонный узел — применяется на все среды (особенно с высокой проникающей способностью) на давление до  $200 \text{ кгс/см}^2$ .

Для предотвращения быстрого выхода из строя сильфона от обмерзания гофр его помещают в тёплую зону (удлинённая арматура) или создают герметичную полость за ним для предотвращения подсосывания влажного воздуха из атмосферы (Рис. 2). Для наиболее ответственной арматуры полость за сильфоном, когда он находится в зоне сверхнизких температур, вакуумируют.

Сильфоны применяются, как правило, многослойные из стали 08X18H10T.

2. Уплотнение в затворе выполняется из фторопласта-4 для давления до  $64 \text{ кгс/см}^2$  и «металл по металлу» (конусное) для давления свыше  $64 \text{ кгс/см}^2$ .

Для уплотнения криогенных сред с высокой проникающей способностью (жидкие водород и гелий) и обеспечения высокой степени герметичности золотник выполняется из меди с острой кромкой. Соединение золотника со штоком — шарнирное. Зазоры в подвижных соединениях должны выбираться с учётом колебания размеров от изменения температур.

3. Корпус выполняется удлинённым. Для обеспечения более качественного выполнения уплотнительной поверхности седла корпус делается составным из двух частей, которые соединяются после притирки на резьбе и обваривают «на ус». Такая конструкция делает корпус ремонтноспособным и более технологичным в изготовлении.

Для уменьшения времени захлаживания и расхода жидкого продукта корпус выполняется с минимальной металлоёмкостью, толщина стенок принимается минимальной в зависимости от давления.

4. Узел сальника — в качестве материала набивки (колец) сальника применяется фторопласт-4, асбестовый шнур с пропиткой суспензией фторопласта или расширенный графит. Для взрывоопасных сред применяют сальник с отводом протечек.

Только при условии выполнения перечисленных выше требований криогенная арматура будет надёжно работать в условиях длительного воздействия криогенных температур.