

К вопросу герметизации клапанных устройств

Н. Н. Коленко, А. В. Кудин, НПО «Аркон», г. Москва

Основные приемы обеспечения требуемой степени герметизации клапанных устройств базируются на основе реализации классической концепции уплотнения как напряженного стыка контактируемых поверхностей элементов капиллярной структуры. При этом предусматривается создание в зоне контакта клапана с седлом определенного контактного давления для упругого или упругопластического деформирования микроканалов в поверхностях стыка, определяющих протечку среды. Причем, регулирование величины контактного давления при широком изменении параметров уплотняемой среды — давления и температуры — приводит к изменению количества и характерного размера микроканалов и, как следствие, к той или иной величине негерметичности в затворе.

Пути повышения качества герметизации клапанных уплотнений могут быть определены на основе предлагаемой концепции уплотнения как потенциального барьера. Суть концепции сводится к следующим положениям:

— Уплотнение, образованное двумя или несколькими взаимодействующими посредством контакта поверхностями, образует некоторую область, представляющую сложное капиллярное или пористо-капиллярное тело — потенциальный барьер. Условие образования потенциального барьера определяется соотношениями между величинами характерного размера микроканалов, числа Бонда и, соответственно, капиллярной постоянной.

— Для протекания рабочей среды через пористое тело, т.е. для преодоления потенциального барьера, требуется определенный уровень энергии среды, который определяется его высотой.

— Уплотняемая среда рассматривается как макроскопическая система. В зависимости от ее вида и термодинамических параметров, учитываемых критерием вырождения, существует распределение составляющих ее частиц по энергиям.

— Количественно герметичность уплотнения определяется той частью уплотняемой среды, энергия которой превышает высоту потенциального барьера. Иными словами, через уплотнение проходит лишь та часть среды, энергия которой больше энергии потенциального барьера. Чем выше по-

тенциальный барьер по отношению к среднему уровню энергии уплотняемой среды, тем выше плотность уплотнения.

— Увеличение высоты потенциального барьера достигается за счет совершения механической работы герметизации, подвода тепла в зону уплотнителя и специальных методов.

Специальные методы предопределяют изменение вида электрокапиллярных кривых конкретных уплотняемых сред за счет создания электрического потенциала на уплотняющих поверхностях затвора при подаче постоянного электрического напряжения, например, на седло, либо создания контактной разности потенциалов при использовании разнородных уплотнительных материалов.

Совершая механическую работу герметизации, например, с помощью привода, получают более плотное, т.е. более герметичное соединение. Здесь очевидно основное противоречие уплотнительной техники: для более плотного соединения требуется увеличение прикладываемого усилия, которое, в свою очередь, приводит к разрушению или сокращению срока службы самого уплотнения. Кроме того, с повышением контактного давления на уплотнительные поверхности величина протечки не уменьшается в той мере, в какой растет контактное давление. Механическое воздействие на уплотнение приводит к уменьшению характерного размера диаметра пор или каналов. По мере увеличения усилия герметизации все большее число каналов будут иметь диаметр, соизмеримый с величиной капиллярной постоянной. Этим объясняется то обстоятельство, что при сколько угодно большом увеличении усилия герметизации наступает состояние, когда рост усилия не влияет существенно на величину протечки.

Этим же обстоятельством объясняется необходимость притирки клапанной пары для получения такой структуры контактирующих поверхностей, когда характерный размер каналов имеет порядок величины капиллярной постоянной, что способствует снижению усилия, необходимого для получения требуемой степени герметизации. Если же технологической операции притирки подвергаются разнородные материалы с близкими механическими характе-

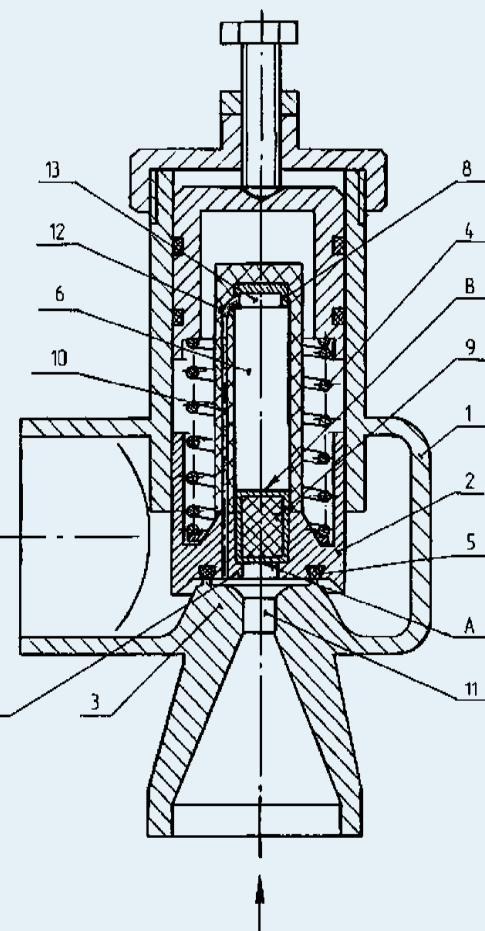


Рис. 1. Конструкция ПК с тепловым аккумулятором

ристиками, например, сталь бронза или сталь латунь, имеющие значительную величину контактной разности потенциалов, то необходимый эффект герметизации клапанных устройств достигается при существенно меньших усилиях герметизации.

Реализация способа увеличения потенциального барьера за счет подвода тепла от окружающей атмосферы является перспективной для предохранительных клапанов, работающих на рабочих средах при низких температурах и, в частности, на криогенных средах (А.С. 1753156 F16к49/00/F16к17/04).

Предохранительный клапан состоит из корпуса 1, в котором размещен запорный орган 2, контактирующий с седлом 3 благодаря усилию пружины 4. Герметизация клапана осуществляется посредством мягкого уплотнителя 5, закрепленного в запорном органе 2. В запорном органе 2 выполнен глухой осевой канал 6, в котором в начале и в районе глухого конца установлены ограничители хода 7 и 8. Канал 6 является энергопреобразующим элементом, который известен в научно-технической литературе как резонансная трубка с закрытым концом. В канале 6 между ограничителями хода 7 и 8 установлен с возможностью осевого перемещения плунжер

$T_{пл}, K$

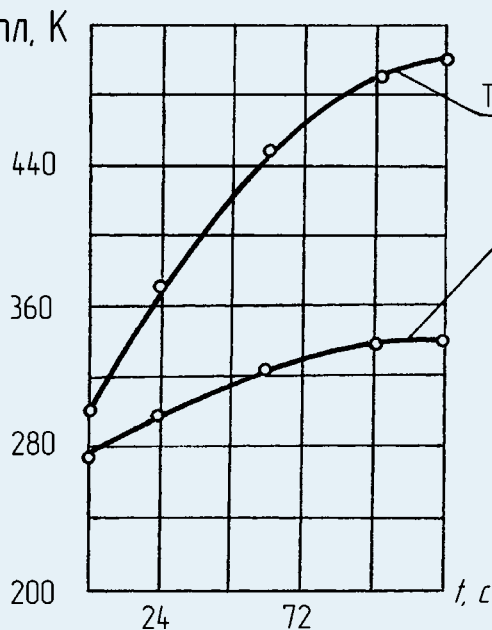


Рис. 2. Кривые изменения температуры плунжера ($P_{вх}/P_{вых} = 4,5$; $L/d = 30$)

9, выполненный из материала с высокой теплоемкостью. Глухой конец канала 6 посредством дополнительного канала 10 сообщен с входной полостью 11. Осевой 6 и дополнительный 10 каналы снабжены тепловой изоляцией 12. Корпус 1 и запорный орган 2 выполнены из материалов, обладающих высокой теплопроводностью.

Предохранительный клапан работает следующим образом. При нормальном режиме работы, когда давление во входной полости 11 не превышает давления срабатывания, предохранительный клапан закрыт. При этом за счет деформации мягкого уплотнителя 5 усилием пружины 4 создается заданная герметичность в седле 3 клапана. Плунжер 9 под действием силы тяжести контактирует с ограничителем хода

7. Вследствие малой теплопроводности рабочей среды и материала подводящего трубопровода, а также высокой теплопроводности корпуса 1, запорного органа 2 и плунжера 9 температура в любой точке клапана равна или близка к температуре окружающей среды. При повышении давления в системе больше рабочего, предохранительный клапан открывается. При этом усилие от давления среды во входной полости 11, приложенное к запорному органу 2, превышает усилие от пружины 4. Запорный орган 2 перемещается вверх, открывая проход в седле 3 для выпуска криогенной среды, в результате чего температура основных деталей клапана уменьшится. Плунжер 9 под воздействием усилия, обусловленного разностью полного и статического давлений действующих на поверхности А и В, перемещается вверх до соприкосновения с ограничителем хода 8. В канале 6 генерируется волновой процесс. Возникающие и отраженные от глухого конца канала 6 волны сжатия и разрежения, взаимодействуя между собой, образуют на некотором расстоянии от открытого конца канала ударную волну конечной амплитуды, характеризуемую ростом давления и энтропии. В случае, когда место положения ударной волны совпадает с положением глухого конца канала, происходит его разогрев. Это явление известно в научно-технической литературе как эффект Шпренгера. Результатом этого является разогрев поверхности А плунжера 9 и аккумулярование в нем тепла. Потеря тепла в окружающее пространство незначительна вследствие наличия теплоизоляции 12. Плунжер 9 является аккумулятором тепла. При уменьшении давления рабочей среды во входной полости до расчетной величины под действием пружины 4 запорный

орган 2 перемещается до соприкосновения с седлом 3. Давление в полостях 11 и 13 выравнивается. Под действием силы тяжести нагретый плунжер 9 перемещается до контакта с ограничителем 7. Это приводит к интенсивному изменению температуры мягкого уплотнителя 5, улучшению его герметизирующей способности и обеспечению требуемой герметичности в седле 3 клапана в течение короткого промежутка времени.

На рис. 2 приведены кривые изменения температуры плунжера 9, выполненного из стали 12Х18Н10Т в функции времени при продуве предохранительного клапана азотом при различных температурах среды, измеренной на входе в клапан.

Более существенное изменение температуры плунжера — теплового аккумулятора — а также количество аккумулированного в нем тепла может быть достигнуто в случае, если относительная длина канала 6 находится в диапазоне $L/d = 60...90$. Однако это требование имеет ограничение как по конструктивным соображениям, так и по условиям технологичности в производстве.

Поэтому в случае серийного производства предохранительных клапанов предпочтительным является комбинированный способ подвода тепла к затвору, когда наряду с рассмотренным способом используется пассивный подвод тепла из окружающей атмосферы.

При этом подразумевается развитие внешних поверхностей теплообмена, а также выбор материалов клапанов из условия максимальной теплопроводности.

Использование комбинированного способа тепла позволяет получить герметизацию затвора клапана DN15 по классу А ГОСТ 9544-93 в течение 100...120 секунд после закрытия при температуре рабочей среды на входе 85...90 К.