

покрытие с твердым внутренним и внешним антифрикционным слоем, который улучшает первоначальную приработку поверхностей. Выбор состава и структуры покрытий зависит от многих факторов: возможность нанесения в одном вакуумном цикле твердых и мягких слоев двухслойных и многослойных покрытий, доступность катода с необходимым составом легирующих элементов, экологическая безопасность технологического процесса нанесения покрытия. Магнетрон с плоским катодом может быть использован для исследования свойств многокомпонентных пленок и отработки технологии нанесения защитных покрытий. Использование вакуумной ионно-плазменной установки с коаксиальным магнетроном дает возможность наносить покрытия на внутренние поверхности подшипников скольжения.

УДК 621.514

Петровский А.В.

## **ПЕРЕОХЛАЖДЕНИЕ В УСТАНОВКАХ С ВИНТОВЫМИ КОМПРЕССОРАМИ**

*БНТУ, Минск*

*Научный руководитель Комаровская В.М.*

Благодаря конструкционным особенностям винтовых компрессоров холодильные установки на их базе наиболее приспособлены для применения переохлаждения. Давление нагнетаемых паров хладагента возрастает вдоль винтовой пары по направлению от всасывания к нагнетанию. В корпусе винтового компрессора на боковой поверхности есть еще один специальный порт всасывания (ЭКО-порт, или порт экономайзера), расположенный в том месте по длине винтов, где достигается промежуточное давление – аналогично системам с двухступенчатым сжатием. Это позволяет при применении одноступенчатых винтовых компрессоров в холодильных

установках (особенно низкотемпературных с большим перепадом рабочих давлений) добиться значительного повышения холодопроизводительности аналогично тому, как это осуществляется в установках с двухступенчатым сжатием и переохлаждением. Схема установки с винтовым компрессором и экономайзером аналогична схеме установки с поршневым двухступенчатым компрессором.

На жидкостном трубопроводе между ресивером и ТРВ испарителя устанавливается теплообменник – переохладитель, в котором жидкий хладагент переохлаждается кипящими в пере охладителе холодными парами этого же хладагента расширенного специальным ТРВ. После переохладителя перегретые пары (рекомендуется перегрев на 7-10 К) поступают в порт промежуточного давления (порт экономайзера) в винтовом компрессоре.

Расчет винтовых компрессоров с экономайзером производится в соответствии со стандартом EN12900. Температура переохлажденного жидкого хладагента  $t_{cu}$  должна быть на 10 К выше температуры кипения в переохладителе  $t_{ms}$ . При расчетах можно также ввести и индивидуальные значения переохлаждения, но при  $t_{cu} - t_{ms} < 10$  К обеспечить стабильное переохлаждение затруднительно. Более того, следует иметь в виду, что в реальных установках после конденсатора обязательно должно быть обеспечено переохлаждение, по крайней мере, на 2 К на входе в переохладитель, чтобы не допускать возможности окончательного завершения в нем процесса конденсации. Применение схемы с экономайзером позволяет не только увеличить холодопроизводительность винтового компрессора и всей установки, но и улучшить газодинамические процессы сжатия в самом компрессоре

При компоновке холодильной установки на базе винтовых компрессоров с экономайзерами необходимо учитывать следующие основные требования.

1. Переохладитель промежуточный ресивер жидкого хладагента желательно располагать на раме ниже компрессора, чтобы избежать обратного потока масла или жидкого хладагента в компрессор во время его остановки;

2. Так как на переходных режимах, а также в период работы компрессора с выключенным экономайзером некоторое количество масла может из профилей через ЭКО-порт попасть в ЭКО-патрубок, для предотвращения попадания масла в переохладитель (и его внутреннего загрязнения) ЭКО-патрубок должен иметь колено, расположенное выше ЭКО-порта минимум на 15-20 см и выполняющее функцию гидрозатвора;

3. Так как ЭКО-порт напрямую ведет к винтовым профилям, для защиты компрессора на ЭКО-патрубке должен быть установлен фильтр тонкой очистки (максимальный размер ячейки фильтрации 25 мкм);

4. Для изготовления непротяженных по длине ЭКО-патрубок рекомендуется использовать трубы следующих диаметров: 18 мм (3/4"), 22 мм (7/8"), 28 мм (1 1/8"), 35 мм (1 3/8").

В качестве переохладителей в подавляющем большинстве установок используются пластинчатые медно-паяные теплообменники. Но возможно применение и теплообменников других типов: пластинчатых разборных, змеевиковых, коаксиальных («труба в трубе») и др. В установках с винтовыми компрессорами аналогично установкам с двухступенчатыми поршневыми компрессорами возможно применение как индивидуальных переохладителей для каждого компрессора, так и одного общего переохладителя для всех компрессоров.

При проектировании многокомпрессорных центральных с общим переохладителем следует обязательно устанавливать на общий для всех компрессоров отрезок трубопровода всасывания из переохладителя клапан-регулятор давления «до себя». Он должен поддерживать стабильное давление кипения в переохладителе и быть настроен на давление немного ниже

давления кипения в переохладителе, получаемого при полной нагрузке, то есть при 100% производительности централи. При правильной настройке регулятора обеспечивается стабильное поддержание постоянной температуры переохлаждения жидкого хладагента при различных нагрузках на централь. Более того, для стабильного функционирования общего переохладителя при работе различного числа компрессоров и/или при использовании в централи компрессоров различной холодопроизводительности необходимо провести корректный подбор терморегулирующих вентилей, которые должны обеспечивать соответствующую холодопроизводительность централи как при полной нагрузке, так и на всех ступенях ее регулирования.

Возможно применение как электронных, так и механических ТРВ (причем не одного, а нескольких). Например, в установках тремя одинаковыми винтовыми компрессорами и одним общим переохладителем на ЭКО-линии устанавливаются два механических ТРВ разной холодопроизводительности. Когда работает один компрессор, задействуется (через соленоид) меньший ТРВ, когда работают два компрессора – больший, при работе всех трех компрессоров – оба ТРВ. Включение экономайзера после запуска винтового компрессора осуществляется либо реле давления, настроенным на давление, близкое к расчетному давлению всасывания, либо реле времени.

УДК 208

Пригодич Е.И.

## **СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КОНТЕНТОМ**

*БНТУ, Минск*

*Научный руководитель Дробыш А.А.*

В настоящий момент практически все сайты в интернете имеют систему управления контентом – CMS (Content Management System). Она представляет собой специальную