

2. КРИОНАСОСЫ ДЛЯ ОТКАЧКИ ПАРОВ ВОДЫ

Криогенные вакуумные насосы Поликолд (**Polycol Systems, США**) - предназначены для откачки паров воды с большой производительностью от 50 000 л/сек до 200 000 л/сек. Как известно, при давлениях ниже 1 Торр водяные пары составляют 95% остаточного газа в вакуумной системе и трудно удаляются другими высоковакуумными насосами. Крионасосы Поликолд устанавливаются одновременно с основными средствами откачки: диффузионными, турбомолекулярными, криогенными гелиевыми насосами и позволяют сократить время откачки вакуумной системы на 30-50%, обеспечивая улучшение вакуума от половины до одного порядка.



Серия PFC

Насосы серии PFC предназначены для быстрого цикла криооткачки водяного пара. Увеличивают производительность существующей системы вакуумной откачки от 20 до 100% и улучшают качество нанесения покрытий.

Характеристики крионасоса PFC 1100

- температура криопанели -100 °С...-150 °С (173 К...123 К)
- быстрый старт, быстрое размораживание
- холодный элемент криозмеевик, криопанель и др.
- скорость криооткачки до 200'000 л/сек; уровень вакуума до $1,5 \times 10^{-11}$ торр
- холодопроизводительность до 3600 Вт.



Преимущества крионасосов PFC:

- сокращение времени достижения высокого вакуума на 25 - 75%;
- быстрота действия по парам воды: от 50'000 до 200'000 л/сек;
- увеличение выхода готового продукта от 20 до 100%;
- типичный срок окупаемости менее 1 года;
- более низкое парциальное давление водяного пара для достижения более высокого качества пленок, лучшая адгезия и большая воспроизводимость напыления;
- лучшее соотношение цена / производительность по сравнению со змеевиками, охлаждаемыми жидким азотом (типа Meissner).

Крионасос PFC откачивает водяной пар за несколько минут после старта и может быть отогрет менее чем за 7 минут, обеспечивая высокоскоростной цикл. Для вашего производства это означает большее число рабочих циклов за смену. Время откачки обычно сокращается на 25-75%, производительность возрастает на 20 - 100%.

Используя запатентованный компанией Поликолд процесс криогенного вымораживания, крионасос PFC конденсирует водяной пар на охлаждаемой до криотемператур поверхности, например, криозмеевике. Криозмеевик крепится непосредственно в рабочей камере, поэтому эффективная скорость откачки крионасоса не ограничивается затворами, клапанами, трубопроводами, экранами и т. д. Криозмеевик легко устанавливается в рабочую камеру любой конфигурации. Для его работы не требуется высоковакуумный затвор.

Крионасосы PFC являются наиболее выгодными по цене средствами откачки, которые можно добавить к любой вакуумной системе, откачиваемой диффузионными, турбо или стандартными криогенными насосами. Блок управления позволяет управлять насосом непосредственно с панели или дистанционно.

Крионасосы PFC производятся в различных исполнениях. Имеются модели, управляющие двумя криозмеевиками или сочетанием криозмеевика и криоловушки. Для камеры, откачиваемой диффузионным насосом, добавление

одной модели PFC/P обеспечивает захлаживание криоловушки для контроля обратного потока масла и одновременное увеличение скорости откачки водяного пара в камере.

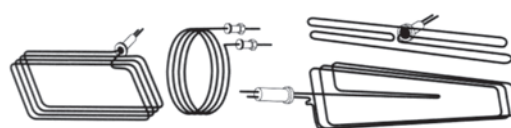
Как выбрать размер крионасоса PFC для конкретной вакуумной камеры?

Размеры крионасоса зависят от требуемой скорости откачки водяного пара и от объема вакуумной камеры, в которой может быть установлен криозмеевик. Чем больше криозмеевик, тем выше скорость откачки. Для сокращения времени откачки на 25-75% мы рекомендуем увеличить общую скорость откачки паров воды в четыре раза по сравнению с эффективной скоростью уже имеющихся средств. Исходя из этих соображений, предварительно выбирается модель крионасоса и площадь поверхности криозмеевика. Окончательный выбор зависит от требуемой температуры, холодопроизводительности насоса и наличия дополнительных источников тепловой нагрузки (длинные линии захлаживания, тепловыделения рабочего процесса, и т.д.)

Основные компоненты крионасоса

1. Криозмеевик

Конструируется для установки в конкретной вакуумной камере на основе данной заказчиком информации, или может быть сконструирован заказчиком самостоятельно. Обычные криозмеевики имеют простые формы в виде спирали, серпантина и др. Мы не рекомендуем использовать криопанели, поскольку они замедляют процесс захлаживания / отогрева из-за большой массы и неэффективной работы одной из сторон панели, обращенной к стенке вакуумной камеры.



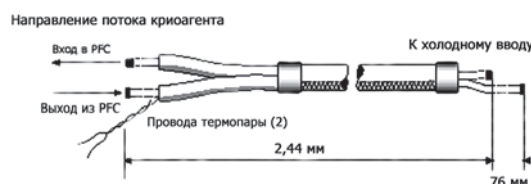
2. Холодный вакуумный ввод

Стандартный холодный ввод обеспечивает тепловую изоляцию между трубками входа/выхода хладагента и вакуумным уплотнением. При установке холодного ввода для двух трубок (вход/выход) требуется отверстие диаметром 25 или 51 мм (два дюйма) в вакуумной камере.



3. Холодные линии подачи/возврата хладагента

Предназначены для соединения крионасоса и холодного ввода и изготовлены из медных трубок с фитингами из нержавеющей стали. Длина стандартных линий составляет 2,5 м. Более длинные линии изготавливаются на заказ.



Полезная информация для выбора соответствующей модели:

- Тепловая нагрузка на криозмеевик за счет излучения (при температуре окружающей среды 25 °С) 376,6 Вт/м²,
- Тепловая нагрузка на холодные соединительные линии 26,3 Вт/м,
- Тепловая нагрузка на линии с вакуумной изоляцией 1,0 Вт/м,
- Скорость откачки водяного пара (теоретическая) 149 000 л/с/м²,
- При охлаждении змеевика жидким азотом расход составил бы 45 (Вт/литр/час).

Какова оптимальная температура для эффективной откачки водяного пара?

Для нахождения температуры криоповерхности, оптимальной для вашей вакуумной системы, найдите максимальное основное давление вашей системы из приведенной ниже таблицы. Затем двигайтесь вправо, где указана необходимая температура криоповерхности. Эта температура обеспечивает 90% эффективности откачки водяного пара.

Конфигурации моделей PFC

1. Стандартный вариант PFC

- заводская заправка охладителем
- температурный индикатор с дифференциальным аналоговым выходом
- электронный контроль для остановки отогрева
- модуль ручного контроля
- разъем для подключения дистанционного управления с использованием вашего контроллера (выполняется пользователем)

2. Комбинация опций PFC и P

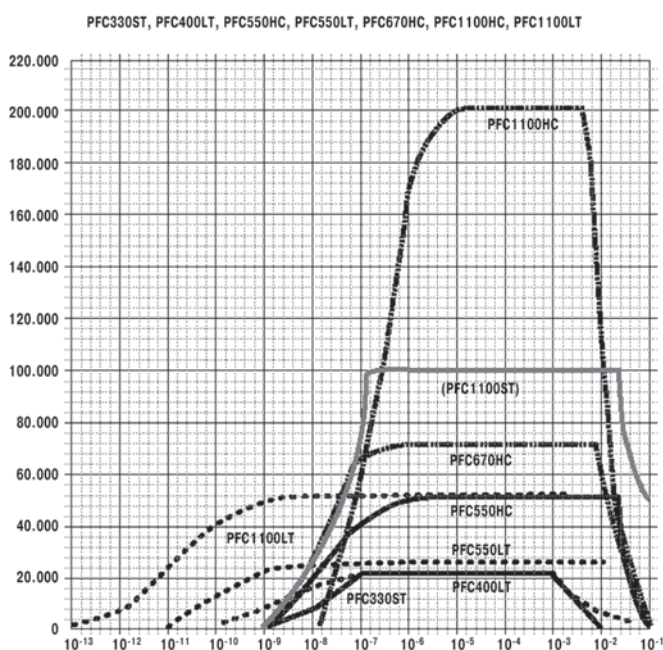
- включает все стандартные функции PFC
- модель PFC/P обычно используется для обеспечения температурного цикла (охлаждение / отогрев) встраиваемого криозмеевика и постоянного охлаждения холодной ловушки. Криозмеевик может находиться в режиме охлаждения или отогрева, в то время как ловушка остается всегда холодной. Общая холодопроизводительность крионасоса может быть распределена в пропорциях 1/2:1/2 или 2/3:1/3 между двумя контурами.

Примечание: (1) Когда один криозмеевик находится в циклическом режиме, температура ловушки или другого криозмеевика может изменяться от 1 до 10 градусов.



3. Комбинация опций PFC и PFC (многоцелевая)

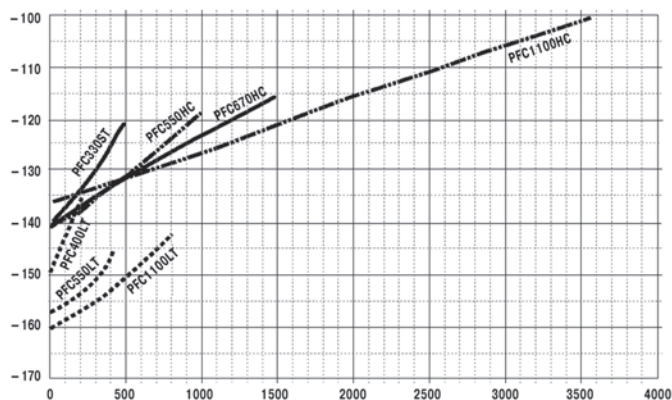
- включает все стандартные функции PFC
- две криоповерхности (это могут быть два криозмеевика, или змеевик и ловушка, или две ловушки) могут охлаждаться или отогреваться независимо. Общая холодопроизводительность крионасоса может быть распределена в пропорциях 1/2:1/2 или 2/3:1/3 между двумя контурами. Примечание: (1) Когда один криозмеевик находится в циклическом режиме, температура ловушки или другого криозмеевика может изменяться от 5 до 10 градусов.



Зависимость скорости откачки от давления

Таблица 1

Требуемое парциальное давление паров воды		Необходимая средняя температура криоповерхности
торр	мбар	
		°C
5x10 ⁰	6,7x10 ⁰	-25,4
2x10 ⁰	2,7x10 ⁰	-34,4
1x10 ⁰	1,3x10 ⁰	-40,8
5x10 ⁻¹	6,7x10 ⁻¹	-46,8
2x10 ⁻¹	2,7x10 ⁻¹	-54,3
1x10 ⁻¹	1,3x10 ⁻¹	-59,7
5x10 ⁻²	6,7x10 ⁻²	-64,8
2x10 ⁻²	2,7x10 ⁻²	-71,2
1x10 ⁻²	1,3x10 ⁻²	-75,8
5x10 ⁻³	6,7x10 ⁻³	-80,1
2x10 ⁻³	2,7x10 ⁻³	-85,6
1x10 ⁻³	1,3x10 ⁻³	-89,6
5x10 ⁻⁴	6,7x10 ⁻⁴	-93,4
2x10 ⁻⁴	2,7x10 ⁻⁴	-98,2
1x10 ⁻⁴	1,3x10 ⁻⁴	-101,6
5x10 ⁻⁵	6,7x10 ⁻⁵	-104,9
2x10 ⁻⁵	2,7x10 ⁻⁵	-109,1
1x10 ⁻⁵	1,3x10 ⁻⁵	-112,2
5x10 ⁻⁶	6,7x10 ⁻⁶	-115,1
2x10 ⁻⁶	2,7x10 ⁻⁶	-118,1
1x10 ⁻⁶	1,3x10 ⁻⁶	-121,5
5x10 ⁻⁷	6,7x10 ⁻⁷	-124,1
2x10 ⁻⁷	2,7x10 ⁻⁷	-127,5
1x10 ⁻⁷	1,3x10 ⁻⁷	-129,9
5x10 ⁻⁸	6,7x10 ⁻⁸	-132,2
2x10 ⁻⁸	2,7x10 ⁻⁸	-135,2
1x10 ⁻⁸	1,3x10 ⁻⁸	-137,3
5x10 ⁻⁹	6,7x10 ⁻⁹	-139,5
2x10 ⁻⁹	2,7x10 ⁻⁹	-142,1
1x10 ⁻⁹	1,3x10 ⁻⁹	-144,1



Зависимость средней температуры криоповерхности от тепловой нагрузки

Таблица 2

Характеристика	PFC550HC PFC552HC	PFC670HC PFC672HC	PFC1100LT PFC1102LT	PFC1100HC PFC1102HC
Максимальная нагрузка (Вт при максимальной температуре)	1000	1500	800	3600
Теоретическая максимальная скорость откачки, л/сек	74,500	104,500	74,500	298,000
Действительная скорость откачки (в камере), л/сек	50,000	70,000	50,000	200,000
Минимальное давление, торр	6×10^{-9}	6×10^{-9}	$1,5 \times 10^{-12}$	$1,5 \times 10^{-8}$
Максимальное начальное давление, атм	1,0	1,0	1,0	1,0
Время отогрева, мин	4,0	4,0	3,0	7,0

Криозмеевик и холодные линии

Общая площадь поверхности криозмеевика, м ²	0,5	0,7	0,5	2,0
Простой контур (PFC)				
Диаметр трубки, мм	12	16	12	16
Длина трубки, м	13,3	14	13,3	40,0
Двойной контур (PFC/PFC)				
Диаметр трубки, мм	10	12	-	16
Длина трубки одного змеевика, м	8,0	9,3	-	20,0
Стандартная длина холодной линии, м	2,44	2,44	2,44	2,44

Охлаждающая вода и питание сети переменного тока

Расход охлаждающей воды, л/мин				
при 13 °С	4,9	6,8	13,6	13,6
при 26 °С	12,3	17,3	33,8	33,8
при 29 °С	19,7	27,6	54,1	54,1
Потребляемая мощность при максимальной нагрузке, кВт	6,0	8,3	11,8	19,2
Номинальные требования к сети питания, (В/Число фаз/Гц)	200/3/50-60 230/3/60 380/3/50 400/3/50 460/3/60 480/3/60 575/3/60	200/3/50-60 230/3/60 380/3/50 400/3/50 460/3/60 480/3/60 575/3/60	200/3/50-60 230/3/60 380/3/50 400/3/50 460/3/60 480/3/60 575/3/60	200/3/50-60 230/3/60 380/3/50 400/3/50 460/3/60 480/3/60 575/3/60

Производственные характеристики

Максимальный уровень шума, Дб	72	72	81	81
Минимальный объем помещения, м ³	156	212	340	354

Серия Р

Серия Р применяется для запитывания криоловушек с целью вымораживания обратного потока масла и паров воды (в основном применяется в комбинации с диффузионным насосом). Если криоловушка оптически прозрачная, то её можно устанавливать на турбомолекулярные насосы для увеличения быстродействия.

Характеристики насосов серии Р:

	Р-550, Р-552	Р-670, Р-672
Максимальная тепловая нагрузка	1000	1500
Максимальное давление для начала работы, атм	1	1
Достижимый вакуум, мм. рт. ст.	6 x 10 ⁻⁹	6 x 10 ⁻⁹
Потребляемая электрическая мощность, кВт	7,0	9,8
Масса, кг	408	476



Серия Aqua Trap

Скорость откачки паров воды: от 850 до 5200 л/с

Серия крионасосов Aqua Trap также применяется для удаления паров воды. Как правило, такими ловушками снабжают турбомолекулярные насосы, откачивающие газовые смеси, содержащие пары воды. Ловушка устанавливается между насосом и откачиваемым объемом. Таким образом, труднооткачиваемые пары воды вымерзают на криопанелях ловушки, а неконденсируемые газы, такие как азот, аргон и др. откачиваются турбомолекулярным насосом.

Данные показывают, что при установке ловушки на турбомолекулярном насосе скорость откачки азота понижается на 12-13%, что превышает цель не снижения скорости откачки более чем на 20% с установкой ловушки. Эти данные успешно подтверждают, что ловушка имеет оптимальную конструкцию.



Характеристики насосов Aqua Trap:

	AT-100	AT-160	AT-200	AT-250	AT-IN (встроенный крионасос)
Номинальный диаметр, мм	100	160	200	250	-
Скорость откачка паров воды, л/с	850	2250	3600	5200	15000
Достижимый вакуум, мм. рт. ст.	1 x 10 ⁻¹⁰	1 x 10 ⁻¹⁰	1 x 10 ⁻¹⁰	1 x 10 ⁻¹⁰	1 x 10 ⁻¹⁰
Проводимость по азоту, л/с	500	1200	2200	3200	-
Потребляемая электрическая мощность, Вт	500	500	500	500	500
Масса, кг	37	40	42	45	36