**A Journal of**  **От**

**Practical and Useful**

**Vacuum Technology**

**Автор: Фил Дэниелсон**

**Выбор вакуумного насоса**

«Какой вакуумный насос лучший?» - один из тех сводящих с ума вопросов, на который можно ответить только, ответив на другой вопрос, например: «Что вы пытаетесь сделать?» Это объясняется тем, что реальный ответ состоит в том, что лучшего или худшего насоса не существует. По крайней мере, в общем и не специфическом смысле. Лучшим насосом является и всегда будет являться насос, который лучше всего справляется со своей задачей. Хотя этот ответ может показаться очевидным, вопрос продолжает возникать. Он, кажется, возникает из-за общей человеческой потребности найти ответ на вопрос. Одной из сложных задач, с которыми приходится сталкиваться, является тот факт, что единой проблемы и единого универсального ответа не существует, поскольку реальность состоит из ряда сложных проблем со сложными ответами. Это особенно верно при анализе вакуумных процессов и вакуумных насосов. Не существует одного типа насоса, который обеспечит все характеристики, необходимые для удовлетворения всем требованиям технологического процесса. Несмотря на то, что различные виды насосов, казалось бы, предлагают широкий выбор вариантов, лучший вариант становится более и более очевидным по мере изучения перечня доступных вариантов и исключения из него насосов, которые не отвечают требованиям к вашему технологическому процессу. Перед началом последовательного исключения требуется тщательный анализ вашего технологического процесса и требований к откачке. Для упрощения процесса также полезно разделить насосы по типам на отдельные группы.

*Вопросы при выборе насоса*

•Какое предельное остаточное давление требуется?

•Какие газовые нагрузки будут присутствовать?

•Существуют ли проблемы с технологическим газом?

•Какие уровни чистоты потребуются?

•Будут ли систему часто открывать?

•Потребуется ли для насоса клапаны и форвакуумный насос?

•Отвечает ли кривая зависимости скорости откачки от давления требованиям к процессу?

•Легко ли установить насос в системе?

•Какие требования к техническому обслуживанию или проблемы присутствуют?

•Какова будет стоимость ремонта и эксплуатации?

Существует множество важных факторов, про которые следует помнить, начиная процесс отбора. Очевидно, что вам потребуется учитывать способность насоса создавать и поддерживать предельное остаточное давление,

требуемое для вашего процесса. Кривые зависимости скорости откачки от давления, обычно предоставляемые в документации производителя, необходимо тщательно проанализировать и сравнить. Насос должен иметь достаточную скорость откачки, чтобы легко достигать и поддерживать требуемое предельное остаточное давление, но он также должен справляться с любыми газовыми нагрузками, которые могут вводиться в процесс извне или внутренне во время процесса. Кривые зависимости скорости

от давления позволят вам оценить способность насоса обеспечивать заданную скорость откачки (объемный расход) и пропускную способность (массовый расход) в соответствии с требованиями процесса. Это можно проверить путем простого расчета Q (газовая нагрузка) = S (скорость откачки) x P (давление) На данный момент также удобно сравнивать способность насоса справляться с определенными газами, участвующими в процессе. Такое сравнение следует выполнять с учетом скорости откачки, пропускной способности, коррозии, чистоты и безопасности. Кроме того, необходимо принимать во внимание определенные аспекты, связанные с типом насоса и его эксплуатационными требованиями. Все эти моменты можно проанализировать при тщательном изучении технических данных, предоставленных производителем. Технические данные, как правило, представляют собой скрупулезно собранную информацию, или, как это часто бывает, искусство. Одним из наиболее важных понятий в изучении технических данных является понимание их смысла. Если некоторые производители обращают внимание на один момент, а один не поступает так, для этого может быть причина. Это может быть упущением, но, как правило, существует более важная причина. Именно поэтому вам следует сосредоточиться на своих требованиях. По мере сужения диапазона выбора появляется возможность изучения экономических аспектов. Несмотря на то, что покупная цена важна, вы должны тщательно оценить «стоимость владения». Сюда входят затраты на эксплуатацию, техническое обслуживание, расходные материалы, а также стоимость вспомогательного оборудования, например, форвакуумных насосов и клапанов. Учитывая все эти аспекты, следующим этапом будет разбиение насосов на группы, достаточно широкие для возможности выполнения рационального процесса сортировки. Первым этапом является разделение списка на две основные группы: форвакуумные насосы и насосы для высокого вакуума.

Форвакуумные насосы требуются для любого вакуумного процесса, где существует необходимость снижать давление в камере относительно атмосферного. Это, конечно, относится как к серийным системам, которые часто и неоднократно включают и выключают, так и к системам, которые выполняют откачку и поддержание состояния высокого вакуума в течение продолжительных периодов времени. Форвакуумные насосы можно разделить, в свою очередь, на насосы с масляным уплотнением и безмасляные насосы. Решение по принципу «годен-не годен» в данном случае может быть настолько простым, как определение того, является ли вероятность масляного загрязнения крайне важной, или присутствуют ли технологические газы, которые будут вступать в реакцию с насосным маслом. Если исключить насосы с масляным уплотнением, список возможных вариантов становится несколько короче. В настоящее время на рынке присутствует большое количество безмасляных насосов. К ним относятся нагнетательные, диафрагменные, поршневые, винтовые, а также спиральные насосы. Каждый тип безмасляного форвакуумного насоса имеет свои особенности, которые должны соответствовать требованиям к вашему технологическому процессу. Кроме того, безмасляные насосы постоянно усовершенствуются, и факты и мнения, сложившиеся за последние годы, могут быть неактуальными. Как правило, особенно важно обратить внимание на форму кривых зависимости скорости откачки от давления, а также на их качественные характеристики. Все форвакуумные насосы развивают максимальную скорость откачки при атмосферном давлении или в его окрестности. По мере снижения давления скорость насоса снижается, но это происходит с различной относительной скоростью, и скорость снижения часто важна для определенных процессов. Предельное остаточное давление, конечно, важно, но необходимо учитывать, что заявленное предельное остаточное давление редко достигается в реальной системе. Кроме того, предельное остаточное давление, указанное в спецификациях, часто не соответствует действительному. Например, многие

производители механических безмасляных насосов указывают предельное остаточное давление 10-4 Торр. Это так, если вы измеряете давление манометром МакЛеода, который не учитывает конденсируемые газы, при этом преобладающим газом при достижении насосом предельного остаточного давления является водяной пар, который представляет собой конденсируемый газ. Реальное предельное остаточное давление поэтому может находиться в диапазоне от 1 до 10 мторр.

Категорию насосов для высокого вакуума можно разделить на газопереносные и газосвязывающие насосы. К газопереносным относятся диффузные и турбомолекулярные насосы. Как правило, все газопереносные насосы удаляют газ из технологической камеры и передают его через вспомогательный форвакуумный насос в атмосферу. Диффузные насосы часто отвергают, поскольку для возможности циклической работы во время серийных процессов они требуют водного охлаждения, форвакуумного насоса и сложной системы клапанов. Что более важно, их часто не решаются использовать, поскольку они содержат масло, и для предотвращения натекания паров масла в технологическую камеру требуется установить на входе вымораживающую ловушку с жидким азотом. С другой стороны, диффузные насосы способны справляться с очень большими газовыми нагрузками, и это делает их идеальными для таких процессов, как металлургическое плавление, пайка или термообработка, а также вакуумная дистилляция или сушка. Кроме того, турбомолекулярные насосы отличаются достаточно простой установкой и не требуют арматуры, допускают быстрое отключение между циклами, и используют механическую систему вращения для передачи импульса переносимым газам, а не

высокоскоростным

**110**

**% Скорость откачки**

**100**

**90**

**80**

**70**

**60**

**50**

**40**

**30**

**20**

**10**

**0**

**Сравнение зависимости скорости от давления при выборе насоса**

**Криогенные**

**Диафрагменные**

**Механические**

**Турбомолекулярные**

**Ионные**

молекулам масла. Это означает, что они отличаются более высокой внутренней чистотой в отношении углеводородов. В большинстве случаев они требуют использования смазываемых подшипников, а к смазке часто относятся с подозрением. Пары масел, обнаруживаемые при использовании таких

10 -8 10 -7 10 -6 10 -510 -410 -310 -2 10 -110 0 10 1 10 2 10 3

**мм.рт.ст.**

*Увеличение или уменьшение скорости откачки при различных давлениях может оказывать большое влияние на ваш процесс. Форвакуумные насосы, как правило, теряют скорость при снижении давления, а насосы для высокого вакуума увеличивают скорость в подобных случаях.*

насосов, как правило, натекают из механических насосов с масляным уплотнением. Несмотря на то, что семейство турбомолекулярных насосов требует использования

форвакуумных насосов, они часто используются совместно с безмасляными насосами, обеспечивающими чистоту установки. Кроме того, в продаже имеются исполнения с магнитным подвесом, не требующие смазки подшипников.

Вторая основная категория насосов для высокого вакуума - газосвязывающие насосы. Все газосвязывающие насосы имеют общую характеристику связывания и удержания молекул газа, который требуется откачать. Они могут удерживать газы постоянно или временно, но, в процессе откачки они сдерживают их и не выпускают в атмосферу, в отличие от газопереносных насосов. Категорию газосвязывающие насосов можно разбить на криогенные, ионно-распылительные и геттерные насосы. Всех их объединяет один общий аспект - мощность, и этот аспект относится только к данной группе. В технических данных от производителя, как правило, указана производительность каждого насоса для различных газов. Это означает, что насос способен связывать только указанное количество заданного типа газа без перегрузки этим газом и отказа перекачивать дополнительное количество газа.

Криогенные насосы поглощают откачиваемые газы при низкой температуре обычно путем смены фаз, при которой газ «замораживается», или путем интенсивного поглощения легких газов в молекулярном сите или угольных слоях. Все эти насосы имеют очень большие скорости откачки для водяного пара, но они отличаются ограниченными скоростями и производительностью для легких газов, таких как гелий и водород. В циклических серийных системах они требуют использования впускных клапанов для предотвращения перегрузки насоса при установке в камере атмосферного давления. Тем не менее, их преимущество заключается в способности выполнять несколько циклов откачки до регенерации путем прогрева насоса, чтобы высвободить ранее поглощенные газы.

Ионно-распылительные и геттерные насосы подпадают в группу газосвязывающих насосов благодаря тому, что они оба выполняют откачку посредством химических реакций, в ходе которых активный металл соединяется с газом и образует керамический материал с очень низким давлением паров. Это означает, что их производительность откачки ограничена количеством активного металла, которое может вступать в контакт с откачиваемым газом. В обоих случаях исключением для постоянной производительности является водород, который откачивается путем образования однородного раствора в газопоглощающем материале. Растворенный водород затем можно удалить путем нагрева в вакууме и откачки с использованием другого насоса для высокого вакуума. Геттер-насосы не способны откачивать инертные газы, такие как гелий или аргон, которые всегда присутствуют в атмосфере, а ионно-распылительные насосы обладают такой способностью. Это объясняется тем фактом, что они работают с магнитно-ограниченным разрядом, который обеспечивает облако электронов для ионизации газов и ускоряет их в активном металле. Инертные газы скрыты до тех пор, пока активные газы вступают в химическую реакцию. Геттерные и ионно-распылительные насосы имеют не только ограниченную производительность, которая существенно варьируется, но и сложные предварительные условия в отношении пропускной способности, которая оказывает важное влияние на способность справляться с технологическими газами. В этом случае сравнение кривых зависимости скорости откачки от давления имеет большое значение.

После сужения возможного диапазона выбора посредством этапов сортировки выбор фактического насоса становится все более и более важным. Сравнение поставщиков может быть сложной задачей. Всегда помните, что в вакуумной

технике присутствует больше мнений, чем фактов, и необходимо обсудить этот вопрос с рядом людей, которые используют определенный насос на практике, чтобы узнать их мнение. Затем, и только затем необходимо прийти к окончательному и бесповоротному решению. После этого вам придется работать с выбранным насосом. Тщательное выполнение описанного здесь процесса принятия решений приблизит вас к наилучшему выбору для вашего технологического процесса, при этом помните, что лучшего во всех смыслах насоса не существует. Существует только насос, наиболее подходящий для вашего технологического процесса, установки и ожиданий, и такой выбор потребует множества компромиссов.

*Перепечатано с разрешения R&D Magazine, все права защищены.*

*Cahners Business Information. A*

*Сокращенная версия опубликована в журнале R&D Magazine, ноябрь 2001 г.*