

**От редакции:** Уважаемые читатели! Предлагаем вам ознакомиться с кратким содержанием докладов, прозвучавших на конференции «Valve World 2008» в Маастрихте, Нидерланды. Конференция была организована KCI Publishing B.V., Jacob Damsingel 17, NL 8201 AN Zutphen, The Netherlands. Если вас заинтересует какой-либо доклад, его полную версию вы сможете найти на сайте: <http://www.valve-world.net/>.

## Дайджест докладов

Продолжение. Начало в №6, 2009 г.

### **P8078. Технические характеристики набивок штоков арматуры – измерение потерь на трение и вынесенные уроки**

Philip M. Mahoney Jr., A.W. Chesterton Co., США



Одна из основных задач, стоящих перед разработчиками новых технологий уплотнения, — достижение баланса между уплотняющими характеристиками набивок и площадью трения. Это особенно важно для регулирующей арматуры, в которой использование обычного пакета набивки просто недопустимо. Трение, возникающее при затяжке набивки, напрямую отражается на работоспособности арматуры, а именно — увеличивает погрешности работы регулирующих клапанов и сказывается на эффективности работы контролируемой системы в целом. Понимание характера работы набивки дает возмож-

ность потребителям арматуры сделать более точный выбор уплотнения с учетом конструкции арматуры и используемого привода. Сегодня очень важно применять самые передовые из имеющихся технологий набивок сальников, которые могли бы повысить работоспособность приводной арматуры, сохраняя при этом заданные характеристики герметичности.

В докладе приводятся сравнительные данные о технических характеристиках набивок из различных материалов для различных конфигураций и значений трения, полученные в результате испытаний набивок в условиях сухого и влажного пара, а также в условиях термического цикла. Приводится подробное описание методики проведения испытаний по измерению потерь на трение и использовавшегося оборудования. В докладе рассказано также о некоторых других сопутствующих исследованных вопросах: смазка, влияние влаги, правильная затяжка сальника, — и сделан вывод о предпочтительности применения подпружиненного узла сальника.

Ниже кратко изложены отдельные главы доклада.

#### **Оборудование и методика испытаний**

В соответствии с протоколом проведения испытаний усилие, требуемое для перемещения штока, определялось для определенного количества циклов для каждого типа и конфигурации набивки. Расчет трения набивки в сальниковой коробке выполнялся по формуле:

$$F = (\pi)(Gs)(f)(Ds)(L)(Y),$$

где:

- $F$  — трение набивки;
- $Gs$  — усилие затяжки сальника;
- $f$  — коэффициент трения;
- $Ds$  — диаметр штока арматуры;
- $L$  — высота комплекта набивки;
- $Y$  — отношение радиального напряжения к осевому.



Испытательное оборудование

Испытательное оборудование позволяет измерять усилие, необходимое для страгивания штока. Диаметр штока и высота набивки — известные величины. Усилие затяжки сальника измеряется тензосметром. При расчетах величины трения 'Y' считается величиной постоянной и принимается равной 0,5 для пакета набивки.

### Предварительные испытания

Предварительные испытания были разбиты на три этапа:

- На первом — определялся коэффициент трения для каждой конфигурации набивки при страгивании штока при нормальной температуре и отсутствии внутреннего давления и смазки. Были выполнены замеры при 10 ходах штока.
- На втором — определялся коэффициент трения для каждой конфигурации набивки при страгивании штока после двух термических циклов при температуре 316° С и давлении 107 бар в условиях насыщенного пара; каждый цикл — это 230 рабочих ходов штока.
- На третьем — определялся коэффициент трения для каждой конфигурации набивки при страгивании штока после завершения первых двух этапов и восстановления начальной величины усилия затяжки сальника.

В *таблице* приведены результаты первых двух этапов.

Тип набивки	Коэффициент трения <i>f</i>	
	Страгивание (нормальная температура и давление)	Страгивание (после двух термических циклов)
Штампованная прямоугольного сечения графитовая с концевыми кольцами из плетеной графитовой ленты	0.243	0.1605
Штампованная прямоугольного сечения графитовая с плетеной графитовой лентой, армированной проволокой из инконеля	0.174	0.148
V-образная штампованная графитовая набивка	0.102	0.084
V-образная штампованная графитовая набивка с комбинированным уплотнением из ПТФЭ и графита	0.081	0.058
V-образная штампованная графитовая набивка нагруженная	0.127	0.112

Таблица. Результаты первых двух этапов предварительных испытаний

### Основные испытания

Главное внимание в докладе уделяется описанию результатов испытаний по определению влияния длительности эксплуатации на работу штока — это четвертый этап, который является продолжением первых трех.

Испытывались (подробнейшим образом) только две конфигурации набивок: штампованная прямоугольного сечения графитовая с концевыми кольцами из плетеной графитовой ленты и V-образная штампованная графитовая набивка. Оба комплекта подвергались временным нагрузкам. Отслеживались высота подъема пружины и нагрузки, которым подвергались соответствующие болты. Была задана максимальная длина хода.

Условия проведения испытания:

- температура и давление: 316° С и 107 бар;
- шток: 8 — 15 Ра;
- циклы срабатывания: 2.500 (часть А) — 15.000 (часть В);
- ход штока: 31,75 мм.

В докладе приводятся полученные результаты, отраженные в многочисленных графиках и таблицах.

### Затяжка сальника

Известно, что любая набивка с течением времени изнашивается (из-за трения со штоком), что приводит к ослаблению усилия затяжки сальника и может повлечь за собой появление утечек и нарушение режима регулирования. В типичной конструкции арматуры для восстановления необходимой степени уплотнения необходимо подтянуть болты сальника. Ставшее обычным применение заданного крутящего момента для затяжки болтов и гаек — это, конечно, более прогрессивный метод, чем затяжка крепежа «по наитию», но и ему присущи некоторые особенности. Основные из них — это влияние состояния резьбы и смазки на заданный крутящий момент. Наиболее надежными конструкциями представляются конструкции сальникового узла с постоянным поджатием пружины. Использование подпружи-

ненного узла сальника дает определенные преимущества пользователям арматуры; такая конструкция сальника позволяет не зависеть от нагрузок, действующих на болты и шпильки в изменчивых условиях эксплуатации.

### Заключение

Методика проведения испытаний и применяемые расчетные формулы позволяют нам быть уверенными, что полученные результаты вполне достоверны и могут быть использованы на практике. Но, конечно же, для подтверждения точности полученных результатов необходимо провести еще не одно испытание различных набивок (как по материалу, так и по конфигурации), работающих с различными рабочими средами.

## P8079. Моделирование литейного процесса как инструмент разработки конструкции арматуры

G. Ravindran (докладчик), V. Ramadas, P. Veerappan, AUDCO INDIA LIMITED, Индия

Количество и разнообразие арматуры, требуемой для оснащения современного производства, огромно. Цена, качество и срок поставки – вот ключевые факторы конкурентоспособности арматуры, отслеживать которые нужно на каждой стадии производственного цикла.

Развитие промышленности ведет к опережающему росту спроса на арматуру больших диаметров, отливки для которой весят более 15 т. Процесс закупки и обработки отливок такого большого размера существенно сказывается на себестоимости и сроках поставки арматуры, и, чтобы сократить эти сроки без ущерба для качества, производителям арматуры следует помочь литейщикам оптимизировать процесс литья крупных форм.

Качество металла отливки, глубина ее дальнейшей мехобработки, срок исполнения заказа, иные экономические параметры заготовительного производства – все это закладывается еще на стадии проектирования отливки и литейного процесса. В докладе убедительно доказывается, что численное моделирование технологии изготовления отливки – это крайне необходимый инструмент на стадии разработки конструкции арматуры, позволяющий сократить сроки поставки и повысить качество отливок.

Моделирование литья, как правило, делится на три стадии:

1. Термический анализ отливки дает возможность визуализации процесса кристаллизации расплава, идентификации зон, кристаллизующихся в последнюю очередь («горячих точек»), и т.п.

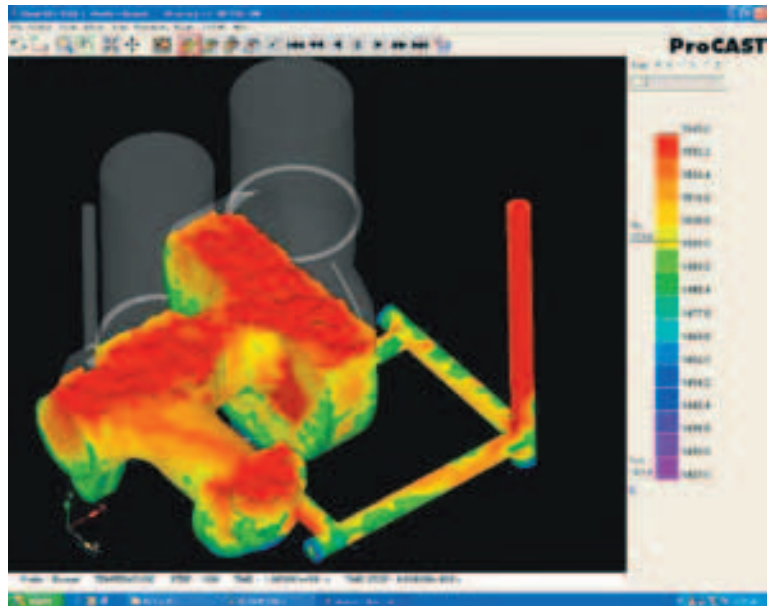
Моделирование затвердения также позволяет получать изотермические профили и градиенты температуры отливок – помогая, таким образом, разработчику внести необходимые изменения в конструкцию в части направленного затвердевания.

2. Исследование процесса заливки (можно изучить эрозию песчаных форм, турбулентность, непроливы, пузыри и пр.).

3. Анализ температурных напряжений (тепловой и механический контакты, остаточные напряжения, деформации и сдвиги, горячие трещины, концентрации напряжений отливок).

Моделирование отливок при проектировании арматуры позволяет:

- при определении геометрии повысить технологичность, предопределить жидкотекучесть (металла), сохраняя при этом функциональные возможности;



Анализ потоков с использованием общепринятого программного обеспечения (литейный завод Peekay Steel Foundry, Индия)

- оптимизировать толщину отдельных участков;
- спрогнозировать образование непроливов и перепроектировать литниковую систему так, чтобы исключить их появление.
- проверить разрабатываемую конструкцию на жидкотекучесть, что позволит сократить сроки изготовления отливки;
- проанализировать потенциальные дефекты, которые могут возникнуть не только в процессе литья, но и на стадии обработки;
- обеспечить качество изделия уже на стадии проектирования;
- усовершенствовать конструкцию в части:
  - снижения металлоемкости, особенно за счет оптимизации приливов, ребер;
  - сокращения величины допусков на механическую обработку;
  - оптимизации внутренних полостей;
  - снижения толщины стенок;
  - уменьшения массы изделия.

В качестве примера в докладе рассказано об исследовании процесса литья корпуса задвижки на класс давления 150. В таких задвижках используются ребра жесткости в области горловины, представляющие собой наиболее критичные зоны в конструкции задвижки. Если ребра спроектированы неправильно, это может привести к увеличению массы и образованию «горячих точек» и усадочной деформации (коробления). С другой стороны, при литье такие ребра, имеющие высокое отношение площади поверхности к объему, могут служить в качестве радиатора, по-

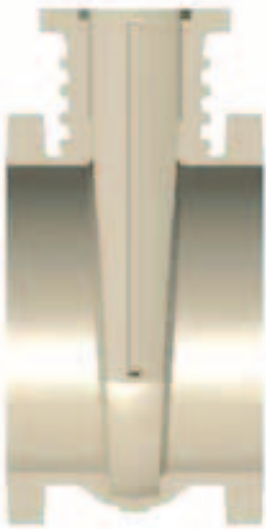


Рис. 1. Разработка конструкции ребер с учетом хладотекучести – условия прочности не соблюдаются



Рис. 2. Ребра, позволяющие соблюсти условия прочности и хладотекучести

могая охлаждению расплава и содействуя плотности отливки.

Исследовались относительные высота и толщина ребер на предмет того, станут ли они «горячими точками», центрами охлаждения или будут оставаться температурно-нейтральными. В ходе исследования в дополнение к внешним ребрам (рис. 1) было предложено предусмотреть еще и внутреннее соразмерное оребрение (рис. 2), что позволяет резко сократить число «горячих точек» и иных проблемных моментов при литейном процессе, сохраняя требуемую прочность конструкции.

Хотя численное моделирование литейных процессов занимает немало времени, а современные программные пакеты для него весьма недешевы, оно несомненно будет способствовать разработке новых конструкций арматуры больших размеров со сложной геометрией корпуса.

## Р8080. Загрязняющие выбросы в атмосферу – проблемы, с которыми сталкиваются производители арматуры

G. Ravindran (докладчик), V. Ramakrishnan, S. Sugumar, AUDCO INDIA LIMITED, Индия

В последнее время перед всеми производителями арматуры стоит задача сертификации своей продукции на соответствие требованиям стандартов, ограничивающих промышленные выбросы в атмосферу. В разных стандартах содержится множество критериев оценки арматуры – пороговые значения выбросов, эмиссионные методы измерения и пр.

В докладе приводится не только общий сравнительный анализ различных стандартов, но и те проблемы, с которыми приходится сталкиваться на практике производителям арматуры при подтверждении соответствия каждому из них. основополагающими стандартами, которые действуют уже немало лет и определяют уровни выбросов, являются такие стандарты, как EPA-21, ASME раздел V, статья 10. Однако в ряде специальных стандартов, таких как стандарты SHELL, ISO 15848, TA-LUFT и недавно вышедшем стандарте API 622 основное внимание уделяется не цикличности, а жестким пороговым значениям величин выбросов и методам проведения испытаний.

С точки зрения производителя арматуры основным недостатком данных стандартов является наличие большого количества проверяемых параметров. Количество циклов варьируется от 100 до 2500; уровни допустимых выбросов постоянно повышаются; методы испытаний разнятся от испытаний вакуумом, воздухом до использования приборов для определения концентрации газов в воздухе; и, наконец (но и это далеко не все), единицами измерения выбросов могут быть как их концентрация, так и объемный расход.

В стандарте API 622 предъявляются требования еще и к оснастке для набивки сальника, которая должна

Стандарт	Шток/Корпус	Испытание образца	Испытание серийной продукции
MESC 77/312	Уплотнение штока	He атм.см <sup>3</sup> /с	He атм.см <sup>3</sup> /с
	Уплотнение корпуса		
ISO 15848	Уплотнение штока	He Метан мг/с/м	He
	Уплотнение корпуса		
VDE 2440 (TA-LUFT)	Уплотнение штока	He	He мбарл/с/м
	Уплотнение корпуса		
EPA Meth-d 21 / API 622	Уплотнение штока	Метан	Метан Промилле (частей на миллион)

Сравнительный анализ стандартов – принятые методики проведения испытаний и испытательные среды

быть разработана для того, чтобы можно было сертифицировать набивку еще до проведения испытания клапана вместе с данной набивкой. Отдельный разговор об ответственности за разработку различных набивок, таких как набивка из обычного графита, набивки на основе ПТФЭ и комбинированные набивки, отвечающие требованиям стандартов.

Количество стандартов, относящихся к сфере ограничения промышленных выбросов в атмосферу и

появившихся с начала 1990-х годов, велико и даже избыточно. В основном используются и анализируются в докладе следующие стандарты:

- Агентство по охране окружающей среды (EPA), Методика 21;

- ISA – 93.00.01;
- ISO 15848 Part 1 & 2;
- Shell MESC SPE 77/312;
- VDI 2440 (официально TA-Luft);
- API 622.

## P8081. Уплотнение штока арматуры для высоких температур

G. Ravindran (докладчик), P. Ananda Prasath, G. Balasubramanian, M. Arul

Использование арматуры для сред с рабочей температурой свыше 550° С уже не редкость. Особенно это касается энергетики. Кроме правильного выбора материалов корпуса и крышки есть еще проблема выбора материала уплотнительной набивки сальника, которая выдерживала бы такие температуры. Сегодня большой популярностью пользуется графит – как в качестве прокладок, так и уплотнительных и набивочных колец. Ограничение по использованию графитовых колец при температуре свыше 550° С в кислой атмосфере заставляет искать другие уплотнительные материалы, которые были бы стойки к высоким температурам и сохраняли бы свои химические и уплотняющие свойства. В докладе подробно рассматриваются имеющиеся на рынке уплотнительные материалы, а также альтернативные способы преодоления ограничений по температуре при использовании графита.

Возможные материалы набивки для высоких температур, преимущества и недостатки которых рассмотрены в докладе: уплотнительные набивочные кольца из графита, набивка из материала на основе кварцевого волокна, вермикулита, стекловолокна, а также металлические набивки.

### Варианты модернизации конструкции арматуры

По причине ограничения в использовании графита при высокой температуре, а также учитывая его упругость, производители арматуры предлагают различные варианты конструкции, в которых набивка, оставаясь прежней, обеспечивает герметичность при температуре свыше 550° С:

- установка фонарного кольца (между двумя пакетами набивок);

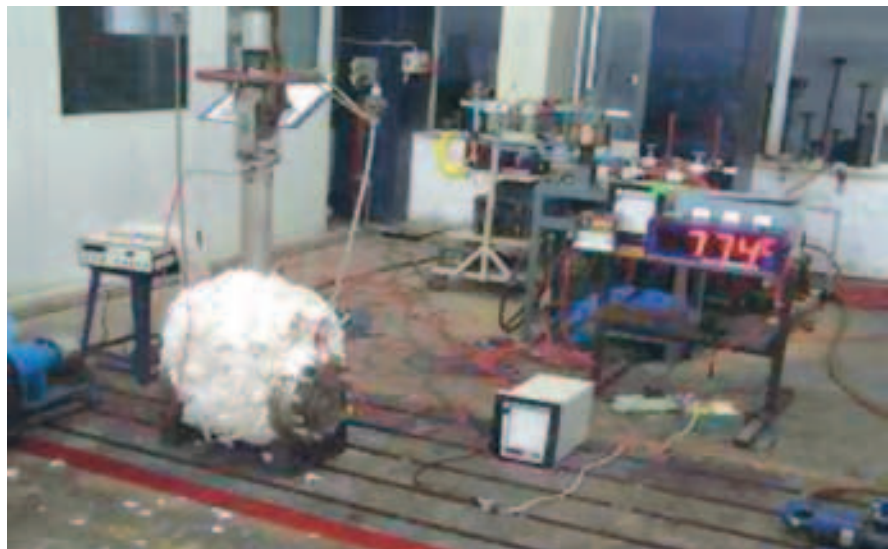


Клапан с удлиненной крышкой

- установка рубашки охлаждения арматуры;
- установка рубашки охлаждения штока;
- удлиненная крышка (подобно той, что используется в криогенной арматуре).

Последний вариант расписан в докладе несколько подробнее остальных. Был взят конкретный клапан с удлиненной крышкой. Вначале проведен численный термический анализ с использованием метода конечных элементов такого клапана при условии, что температура рабочей среды составляет 774° С (температура выбрана по требованию заказчика), затем были проведены экспериментальные исследования: корпус клапана нагревался до температуры 774° С, выдержка при такой температуре составила три часа, после чего были сделаны замеры в области набивки.

В итоге, на практике было доказано, что использование удлиненной крышки оправдано, и что в данном случае графит в качестве набивки можно использовать для температуры выше 550° С.



Экспериментальная установка