

От редакции

Оригинальная статья была опубликована в журнале Valve Magazine, Fall, 2016, с. 28, издаваемом Американской Ассоциацией Арматуростроителей (www.vma.org). Перевод Т.С. Складовой.



Несмотря на то, что дефекты отливок можно устранить ремонтом, и деталь становится работоспособной, сварка и связанные с ней неразрушающие методы контроля могут быть весьма дорогостоящими

ОТЛИВКИ ПРОТИВ ПОКОВОК: старый спор на новый лад

Arvo Eilau

ПРЕДМЕТ:

Новые требования эксплуатации в энергетике всколыхнули и перевели на новый уровень извечный спор о том, что же в арматуростроении предпочтительнее – отливки или поковки.

ОСНОВНЫЕ ТЕМЫ:

- Новые условия эксплуатации требуют новых решений.
- Преимущества / недостатки отливок.
- Применение поволоков в новых условиях эксплуатации.

ВЫВОД:

При том, что отливки по-прежнему применяются для изготовления трубопроводной арматуры чаще всего, в последнее время стереотипы меняются: использование поволоков доказало свои преимущества, особенно, если дело касается энергетической арматуры.

Об авторе

Arvo Eila – руководитель по сбыту в компании Power, Pentair Valves & Controls (www.pentair.com). Связаться с ним можно по адресу: <http://valves.pentair.com/valves>.

» Спор о том, что же предпочтительнее в арматуростроении – поковки или отливки, – очень давний. Пока что преимущество отдается отливкам. Однако изменение рабочих параметров в энергетической промышленности, – таких как постоянное увеличение температуры и давления, с новой силой всколыхнуло споры о том, какие же заготовки наиболее целесообразно применять для изготовления арматуры, отвечающей новым условиям эксплуатации. Наряду с тем, что арматура, изготовленная как из отливок, так и из поковок, отличается высоким качеством, далеко не сразу очевидно соотношение стоимости изделия и его технических характеристик в тех или иных рабочих условиях электростанций разной мощности.

Новые условия эксплуатации – новые решения

Постоянное увеличение энергопотребления в мире приводит к существенному повышению температуры не только на электростанциях со сверхкритическими и ультра-сверхкритическими параметрами пара, но и на станциях комбинированного цикла. В настоящее время в Европе проводятся испытания котельных установок с температурой пара 1292 °F (700 °C), а электростанции США уже готовы к работе при температуре пара свыше 1112 °F (600 °C).

В то время как увеличение кратности термоциклов и повышение температуры позволяет операторам резко повысить КПД электростанции, это же резко увеличивает напряжения, которым подвергается оборудование. Постепенное ухудшение физических свойств матери-

алов, вызванное ползучестью и коррозионной усталостью металлов, характерно для арматуры, установленной на современных станциях комбинированного цикла и установках утилизации тепла. Это усложняет процесс ее технического обслуживания и, зачастую, приводит к остановкам станций.

В результате большая часть производителей арматуры вынуждена была переосмыслить и переработать спецификации на используемые материалы и изделия, особенно если это касалось оборудования, предназначенного для критических и сверхтяжелых условий эксплуатации.

На выбор материалов и их характеристик влияют рабочие параметры современных электростанций. Так на станциях комбинированного цикла выработки энергии, будут преобладать не статические, а главным образом динамические нагрузки на оборудование. Аналогично на станциях, работающих в циклическом режиме, когда на фоне роста давления рабочая температура повышается до величин перехода металла из вязкого в хрупкое состо-

яние, меняются нагрузки на арматуру, трубопроводы и фитинги контура циркуляции пара.

Изменения температуры создают напряжения и вызывают относительное удлинение по причине сжатия и расширения металла арматуры под воздействием различных нагрузок до расчетных значений предела прочности на растяжение. Стоит только напряжениям, действующим на арматуру, превысить расчетные значения прочности на растяжение, происходит деформация, что со временем может привести к изменению размеров деталей арматуры. В конечном счете, механические напряжения могут привести к усталости деталей и отказу арматуры.

Основные применяемые материалы

Как правило, все материалы, применяемые для изготовления трубопроводной арматуры, полученные методом литья иковки, должны отвечать требованиям прочности на растяжение и стойкости к коррозии в критических условиях экс-



Прутки или заготовки, применяемые для изготовления деталей арматуры методомковки, нагреваются до высокой температуры и затем с помощью специальной оснастки им придается заданная форма. Получение небольших корпусов арматуры методом объемной штамповки

платации. Чем прочнее материал, тем больше вероятность того, что арматура выдержит нагрузки, вызванные давлением. В понятие прочности заложены высокий уровень пластичности и существенно увеличенный срок службы. Однако для энергетики характерно наличие потенциальной опасности отказа арматуры из-за резкого увеличения нагрузок. Нагрузки от высокой частотности режима эксплуатации при температуре и давлении пара создают гораздо более высокие напряжения на детали. Это значит, что материалы должны выдерживать изменения температуры и перепады давления на протяжении всего жизненного цикла арматуры.

Литые материалы имеют склонность к уменьшению массы по сравнению к кованными. Чем больше масса, тем выше температурный градиент (перепад) и тем выше возникающие напряжения. Именно поэтому следует учитывать установленные коэффициенты безопасности и допускаемые уровни напряжений.

Другим немаловажным аспектом, которому следует уделить внимание, является способность металла сопротивляться коррозии. Коррозия по-прежнему остается для энергетиков основной проблемой, приводящей, зачастую, к дорогостоящим ремонтам и остановке установок. Разрушение материалов арматуры, возникающее в результате воздействия кислорода, металлов и солей, усиливается высокой рабочей температурой. Чем выше температура, тем мягче становится металл, и тем выше опасность возникновения термической усталости.

Правилами и нормами котлонадзора Американского общества инженеров-механиков (ASME) для изготовления оборудования первого контура пара допускается использование как поковок, так и отливок, – всё зависит от конструкции парового котла и эксплуатационных параметров. Ключевыми

факторами в определении сопротивления ползучести и прочности являются химический анализ, прежде всего, это определение содержания хрома, и технология изготовления. Например, легированная сталь марки WC9 с содержанием 2,25% хрома сохраняет свои свойства при температуре до 1020 °F (550 °C), в то время как марки с более высоким содержанием хрома (9%), например, C12-A выдерживают температуру до 1130 °F (610 °C).

Изменения режимов работы электростанций приводят к новым возможностям применения поковок. Если низколегированные марки стали, например, F22, содержащие 2,25% хрома, могут применяться до температуры 1100 °F (590 °C), то сталь марки F91 с 9% хрома уже выдерживает температуру 1200 °F (650 °C). Это очень существенно, так как целевыми программами по повышению энергоэффективности современных электростанций предусматривается повышение температуры пара до 1112 °F (600 °C). В итоге арматурщики и главные механики уже также стали проявлять интерес к стали F92, к тому же, согласно нормам ASME, при изготовлении поковок ей нет равных.

Отличие эксплуатационных характеристик сплавов марок выше F91 очевидно. Возьмем сталь F92, применяемую для арматуры на класс давления 2500 и рабочую температуру до 1112 °F (600 °C). Арматура, изготовленная из такой стали, выдержит рабочее давление 223,4 бар, если же взять сталь марки F91, то рабочее давление арматуры уже будет ниже – 203,1 бар. При температуре 1067 °F (575 °C) величины рабочих давлений одинаковые для обеих марок сталей. Однако при 1157 °F (625 °C) разница существенная: сталь F92 – 190,6 бар, сталь F91 – 152,1 бар.

Несмотря на то, что химический состав металла очень важен,

так как влияет на механические свойства материала, ключевым параметром является термообработка. Термообработка определяет общую прочность арматуры, работающей в условиях высокой температуры и под воздействием механических напряжений. Будь то арматура из отливки или из поковки, для получения в высшей степени долговечного конечного продукта она в любом случае должна подвергаться температуре нормализации – это примерно 1832 °F (1000 °C) – и охлаждаться в течение не более 4000 секунд.

И если арматура небольшого диаметра охлаждается достаточно быстро, то охлаждение арматуры большого диаметра, и соответственно, более тяжелой, – более сложный и длительный процесс. Это также отражается на ее механических свойствах – особенно, если речь об арматуре, работающей при высоких температурах, – и может привести к сокращению срока службы.

Жесткие нормы качества

В основных международных стандартах приводятся требования и указания относительно предполагаемого срока службы материалов при температуре окружающей среды, и отсутствуют официальные данные о результатах испытаний при высокой температуре. Кроме того, изменение параметров работы электростанции, особенно увеличение напряжений по причине цикличности и бесконечных остановов, заставляет проводить испытания в новых условиях. А значит, испытания, учитывающие такие дополнительные параметры, как количество рабочих часов, количество остановов и диапазон рабочих температур, – становятся всё чаще и чаще просто необходимыми при оценке долговечности оборудования.

Поскольку перечень материалов, применяемых в энергетике, достаточно четко регламентирован, а требования, обусловленные условиями эксплуатации, в силу сложной и длительной процедуры их согласования всё чаще выходят за рамки существующих стандартов, норм и правил, многие разработчики, предвосхищая события, уже закладывают новые материалы в свои спецификации.

На деле некоторые организации, разрабатывающие нормативные документы, например, Американское общество по испытаниям материалов (ASTM) и ASME, уже начали включать в свои стандарты и спецификации подробные требования к технологиям изготовления.

Кроме строгих требований к химическому составу, методикам проведения испытаний и физическим свойствам материалов, требования предъявляются и к заготовкам, используемым при изготовлении арматуры – из поковок или отливок. Их выбор зависит от конкретных условий эксплуатации.

Например, угольные электростанции с ультрасуперкритическими рабочими параметрами рассчитаны на работу с паром температурой 1112 °F (600 °C), для изготовления оборудования для такой станции идеально подходят поковки из стали марки F92. В ближайшее время станции с комбинированным циклом работы превысят данные температурные режимы, и тогда сталь F92 будет иметь преобладающее значение.

Целесообразность применения отливок

В арматуростроении очень широко применяются отливки. Большая часть деталей изготавливается способом литья – процесса, при котором расплавленный металл заливается в специально созданную форму выплавляемой модели и за-

стывает. Преимущества такого способа следующие:

- *Вариативность конструкции* – можно отлить любую форму любой сложности по заданным размерам (технология изготовления в жидком виде).
 - *Шире выбор металлов* (по запросам заказчиков) – на литейных заводах осуществляется полный контроль за химическим составом плавок и отлитого металла на соответствие заданным свойствам и требованиям по согласованной стоимости. Это гарантирует то, что арматура будет точно отвечать требованиям (например, к содержанию феррита, отвечающего за коррозионную стойкость, и пр.).
 - *Сокращаются расходы на механическую обработку*, поскольку отливки сложной формы, по сравнению с поковками, не требуют таких больших объемов механической обработки.
 - *Более высокая готовность к применению*, что означает возможность замены.
 - *Многообразие форм*. Литая арматура может иметь плавные (скругленные) формы.
- Несмотря на то, что отливки по-прежнему остаются неотъемлемой частью арматуростроения, переход к высокому рабочему давлению, наметившийся за последние годы, выявил ряд недостатков, включающих, в частности, следующие:
- Во время процесса затвердения могут возникать поры или трещины, что ухудшает механические свойства и приводит к дорогостоящему ремонту и длительному исправлению дефектов сваркой.
 - Сварка и термообработка после сварки изменяют микроструктуру отливок, уменьшая сопротивление ползучести и снижая прочность. Для проверки заданных свойств арматуры необходимы тщательные испытания и контроль.

- Можно добиться получения высококачественного материала с 9% содержанием хрома только в результате проведения мощной и длительной термообработки, что существенно увеличит сроки поставки, которые будут тормозиться многочисленными неразрушающими испытаниями.

Следует отметить, что в технологии литья по выплавляемым моделям и литья в форму со стержнями внедрены значительные усовершенствования, позволяющие снизить дефекты в литых деталях арматуры. Например, все большее количество литейных заводов переходит на литье под давлением с применением вакуума, что в целом положительно сказывается на качестве отливок.

Рост объема арматуры из поковок

За последние несколько лет среди арматуры, применяемой в критических и тяжелых условиях эксплуатации, наблюдается рост объема арматуры из стальных поковок. Это видно, прежде всего, на примере использования высокотемпературных сплавов с высокими эксплуатационными характеристиками, предназначенными для применения при температуре свыше 1112 °F (600 °C). Процессыковки начинаются с того, что монолитный брусок металла или болванка определенной формы с помощью прессы или деформации молотами доводится до заданной конфигурации.



Высокоточная объемная штамповка для изготовления 2-дюймовых корпусов

Fish & Aquaculture – Equipment – Shipyards –
Refrigeration – Processing



International Trade Show

November 09 - 11

2017

Lima - Peru

Book your space Now!

www.thaiscorp.com

Venue:
Jockey
Exposition
Center



Certified by:



PERÚ
Ministerio
de Comercio Exterior
y Turismo

Peru



Peru

Information:

CHINA:

Tope Exhibition
Services Co., Ltd.
Tel: +86-21-54711012
Summer Fang
topechina@163.com

TURKEY:

Amiral Fair
Tel: 90-533-5435789
Erhan Ersever
info@amiralfair.com

Organizer:

THAIS CORPORATION

Tel.: (511) 201-7820
Email: thais@thaiscorp.com

Несмотря на свою трудоемкость, процесс имеет преимущества, а именно:

- Меньше дополнительной обработки металлических изделий – меньше отходов. (Точная форма и размеры придаются при обработке цельной заготовки).
- Процесс обработки поковок предполагает применение колоссального давления, за счет чего снижается пористость поверхности и уменьшаются прилегающие к поверхности пустоты. Это придает сплошность структуре металла деталей арматуры, повышая тем самым механическую прочность и эксплуатационную долговечность изделия в целом (повышается пластичность и предел прочности).
- Высокая пластичность поковок позволяет изготавливать заготовки из стали марки 9Cr-1Mo с более тонкими стенками, что в дальнейшем улучшает эксплуатационные характеристики изделий при наличии термоусталостных циклов. Чем меньше толщина стенки, тем ниже перепад температур, а значит, меньше времени необходимо для достижения установленного режима. Поэтому снижается потенциальная опасность возникновения термической усталости, что, в свою очередь, обеспечивает надежность эксплуатации электростанции, ежедневно работающей в режиме теплофикационных циклов.

Кованные материалы могут подвергаться механической обработке, с помощью которой добиваются точности заданных проектантом форм и размеров заготовок. Все это дает конечным потребителям и производителям право выбора. Использование тонкостенных заготовок снижает массу арматуры,



Дефекты (подобные показанным) чаще всего встречаются в литой арматуре с высоким содержанием хрома, используемой, например, для ultrasupercritical параметров пара

делая ее более приспособленной для работы в режиме циклирования. Арматура с уменьшенной массой при циклировании будет испытывать меньшие напряжения, возникающие при нагревании или охлаждении, главным образом, за счет того, что более тонкие стенки деталей нагреваются и охлаждаются значительно быстрее, а значит, уменьшаются температурные напряжения.

Несмотря на то, что поковки широко применяются для производства различного оборудования, не следует забывать о некоторых ограничениях и особенностях:

- Процессковки (штамповки) дорогостоящ и энергоемок. Придется изрядно потрудиться, чтобы добиться требуемых форм и уровня обработки.
- Существуют ограничения по размерам, формам и толщинам, поскольку технология предполагает обработку твердых форм.
- Поковки больших размеров можно получить только из двух и более частей путем сварки.

Всё зависит от условий эксплуатации

Скрупулезное соблюдение требований самых строгих промышленных стандартов обязательно для гарантии того, что арматура – из отливок

или поковок – отвечает требованиям конструкции и эксплуатационным характеристикам. При том, что применение поковок будет доминировать в производстве оборудования, предназначенного для работы в условиях высокой температуры и давления в некоторых отраслях промышленности, отливки всегда останутся наиболее оптимальной с точки зрения стоимости и проверенной альтернативой, доказавшей свою надежность.

Окончательный выбор той или иной арматуры определяют производственные задачи конкретного предприятия. С одной стороны арматура из поковок характеризуется лучшими эксплуатационными характеристиками в условиях высокой температуры и давления, а с другой стороны, – ее отличают высокая стоимость изготовления и ограниченные возможности в воспроизведении стандартизированных (унифицированных) изделий.

Чтобы избежать опасности и не ошибиться с выбором, следует работать с надежными и проверенными производителями, разбирающимися в достоинствах и недостатках арматуры из отливок и поковок и способными предложить наиболее оптимальное решение, отвечающее требованиям конкретного производства.

➔ Литература

A. Shibli: Power Plant Cycling: Growing Regime Needs Better Understanding of Technical and Cost Issues, Power Magazine (January 2013).