

## Применение алюминиевых теплообменников в конденсационных котлах.

Одним из ключевых моментов в процессе разработки газовых конденсационных котлов является выбор материала, который будет обладать наибольшим числом преимуществ для изготовления теплообменника. Сплав алюминия и кремния включает в себя множество характеристик, подходящих для этого.

### Сплав алюминия с кремнием в отопительной технике.

Алюминий – самый распространённый металл в земной коре. Он обладает характеристиками, которые удовлетворяют запросы и привлекают внимание различных областей промышленности (упаковочная индустрия, авиация, автомобилестроение, производство взрывчатых веществ и антикоррозийных красок). Упаковочная индустрия использует в большей мере свойство пластичности алюминия, чтобы выпускать фольгу толщиной 0,004 мм (листовую) или даже 0,0004 (кованую) для обёртывания шоколадных плиток. Авиационная промышленность, автомобилестроение и другие отрасли извлекают огромную пользу из-за его лёгкости (2,702 г/см<sup>3</sup>) в чистом виде или в сплавах. Это даёт возможность производить детали, которые весят в три раза меньше, чем стальные или медные. В зависимости от области применения и необходимых свойств существуют сплавы на основе цинка, меди, кремния или магния. Среди сплавов, упомянутых выше, сплав алюминия с кремнием обладает самыми подходящими свойствами для использования в отопительных системах. Эти сплавы, группа Al-Si (алюминий-кремний), имеют схожую с эвтектикой структуру, то есть обладают превосходными литейными характеристиками. Эвтектика – это смесь двух чистых веществ, которые в отличие от других смесей плавятся и загустевают при постоянной температуре. При плавлении такой сплав ведёт себя как чистое вещество с очень хорошей текучестью. Эта пригодность к литью находит своё применение в производстве корпусов для котлов с очень сложной геометрией, которая увеличивает поверхность теплообмена и улучшает гидравлический поток. Задача заключается в том, чтобы оптимизировать процесс теплообмена в очень компактном объёме. Коэффициент теплопередачи для алюминия в 5 раз больше, чем для стали, и в 7 раз больше, чем для нержавеющей стали. Так как алюминий проводит тепло лучше, используя этот материал, можно существенно уменьшить поверхность теплообмена и при этом обеспечить передачу той же мощности контуру отопления.

- 1. ЛЕГКИЙ ВЕС.** Поскольку алюминий очень лёгкий, он часто применяется в авиационной и автомобильной промышленности для снижения веса оборудования: и, на самом деле, он в 3 раза легче, чем нержавеющая сталь или медь. Поэтому к списку преимуществ, кроме компактности алюминиевых теплообменников и превосходной теплопроводности материала, можно также добавить преимущество значительного сокращения веса по сравнению с использованием других материалов. Таким образом, становится возможным конструировать лёгкие и компактные котлы, что позволяет снизить нагрузку на стены и пол, и предоставляет больше места для компоновки в котельной.

Материал	Плотность (г/см <sup>3</sup> )
Сталь	7,3
Нержавеющая сталь	8
Алюминий (сплав)	2,7

- 2. ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ.** Коэффициент теплопередачи для алюминия в 5 раз больше, чем для стали, и в 7 раз больше, чем для нержавеющей стали. Очевидно, что алюминий передаёт тепло лучше и соответственно используя этот материал, можно уменьшить поверхность теплообмена и при этом обеспечить передачу той же мощности контуру отопления.

Материал	Теплопроводность (Втм <sup>-1</sup> К <sup>-1</sup> ) при температуре 20°C
Сталь	46
Нержавеющая сталь (18% хром, 8% никель)	26
Алюминий (в чистом виде, 99,9%)	237

- 3. ВЫСОКАЯ ФИЗИЧЕСКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ ГАРАНТИРУЕТ ДОЛГОВЕЧНОСТЬ ТЕПЛООБМЕННИКА КОТЛА.** В теплообменниках из стали или нержавеющей стали есть сварочные швы, сгибы, прессованные детали, которые

являются чувствительными зонами и подвержены нагрузкам, связанными с работой котла. Колебания температуры во время работы котла – основная причина нагрузок на материалы. Эти физические нагрузки, чаще всего сконцентрированные в местах сварки и соединений, ослабляют металл. Секционный теплообменник из сплава алюминия и кремния имеет однородную структуру материала и не содержит складок или сварочных швов. В связи с этим, он отличается превосходными коррозионностойкими свойствами и хорошей теплопроводностью. Это очень важно, потому что принцип конденсации предполагает контакт металлических поверхностей с конденсатом, который имеет кислотные свойства и вызывает коррозию металлов, особенно если они подвергаются напряжению или ослабленные.

- 4. МЕХАНИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ ИДЕАЛЬНО ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ОБРАТНОЙ ЛИНИИ.** Гомогенность и гибкость сплава группы Al-Si позволяют использовать его во время работы с высокими разностями температур между подающей и обратной линией котла (до 30.К) без риска усталости материала теплообменника, вызванной повторяющимися тепловыми нагрузкам в течение отопительного сезона, которые могут привести к поломке секций. Ежедневная эксплуатация установки или изменение расхода во вторичных контурах из-за постоянного открывания и закрывания трёхходовых клапанов нередко становятся причиной возникновения разности температур между подающей и обратной линиями. Это позволяет максимально использовать КПД котлов: так как они невосприимчивы к тепловым нагрузкам, можно допустить низкую температуру обратной линии, которая увеличит конденсацию дымовых газов в теплообменнике (эффект рекуперации тепла).
- 5. ИДЕАЛЬНАЯ ДЛЯ КОНДЕНСАЦИИ ХИМИЧЕСКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ.** В конденсационном котле величина воздействия на любую точку зависит от время пребывания этой точки в контакте с конденсатом, который является кислотным и коррозионным для металлов. Хорошая устойчивость алюминия против коррозии связана со способностью его поверхности становиться пассивной, то есть быть инертной по отношению к коррозии. Обычно при контакте с водой или кислородом на поверхности образуется непористый защитный слой оксида алюминия: окись алюминия или “пассивирующий слой” (*Пассивация металлов — переход поверхности металла в неактивное, пассивное состояние, связанное с образованием тонких поверхностных слоёв соединений, препятствующих коррозии. В технике пассивацией называют технологический процесс защиты металлов от коррозии с помощью специальных растворов или процессов, приводящих к созданию оксидной плёнки*). Именно это свойство алюминия защищает поверхность теплообменника котла от агрессивного воздействия конденсатов во время контакта с дымовыми газами и делает этот металл идеально подходящим для конденсации. В фазе конденсации стекание конденсата вниз по поверхности теплообмена обеспечивает самоочистку теплообменника из сплава алюминия с кремнием и предотвращает отложение остатков и несгоревших частиц, которые могут ослабить теплопередачу, сохраняя тем самым защитный алюминиевый слой, который гарантирует коррозионную устойчивость. Кроме того алюминий практически нечувствителен к точечной коррозии, которая часто связана с использованием воды с высоким содержанием минеральных веществ. Нержавеющая сталь, к примеру, восприимчива к концентрации хлоридов, количество которых больше, чем 100 мг/л (в зависимости от их типа). Что касается меди, то она чрезвычайно восприимчива к сульфатам, которые за короткое время могут вызвать сквозную коррозию. Алюминий также инертен по отношению к воздуху, потому что слой оксида алюминия эффективно защищает его от окисления кислородом.
- 6. КОТЕЛ ИЗ СПЛАВА АЛЮМИНИЯ С КРЕМНИЕМ И КАЧЕСТВО ВОДЫ В ОТОПИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКЕ.** Для оптимальной работы котла необходима чистая вода, свойства которой совместимы со свойствами контактирующих с ней металлов, и из которых сконструирован котёл. Это условие относится ко всем котлам, которые используют воду в качестве теплоносителя, независимо от их механизма работы (традиционные, с перегретой водой, паровые, конденсационные и т.д.) и материала, из которого они изготовлены (сталь, нержавеющая сталь, медь или алюминий).

*Качество воды в отопительной установке определяется специальными параметрами:*

- pH (уровень кислотности или щёлочности воды);
- Жёсткость (содержание известковых солей);
- Удельная электропроводность (приблизительное содержание минеральных веществ);
- Уровень хлоридов, сульфатов и других веществ.

Эти показатели могут варьироваться в зависимости от региона, источника водоснабжения (коммунальный водопровод, скважина, дождевая сточная вода и т.д.), а также от материалов труб и их состояния. Некоторые параметры должны систематически проверяться независимо от материала, из которого изготовлен котёл (не допускать наличие абразивных частиц в виде суспензий в воде, не использовать воду с очень высоким содержанием известняка). И наоборот, проверка уровня pH весьма важна, хотя происходит изменение проверяемых значений. На самом деле, металлы поддаются коррозии в присутствии кислоты, но у каждого металла есть своё собственное сопротивление и, поэтому, следует придерживаться определённого диапазона pH во избежание быстрой и необратимой коррозии.

## 7. АЛЮМИНИЙ ОБЛАДАЕТ ПОВЫШЕННОЙ УСТОЙЧИВОСТЬЮ ПО ОТНОШЕНИЮ К НЕЙТРАЛЬНОМУ ИЛИ ДАЖЕ КИСЛОТНОМУ pH.

Алюминий - это один из наиболее устойчивых к коррозии металлов. Он имеет очень широкий диапазон допуска по pH и хорошо переносит контакт с водой даже для случаев без водоподготовки.

Использование алюминия и принципа рекуперации тепла при помощи конденсации широко применяется в современной технике. Рекомендации по поводу высокого уровня pH, прочно укоренившиеся в эксплуатационных привычках и описаниях методов работы, были созданы до настоящих изменений в техническом направлении и неспособны их учесть. Однако рекомендация для уровня pH выше 9,7 – критерий, который можно без труда проверить и привести в исполнение (например, добавить гидроксид натрия в воду) – не подходит для алюминия, потому что его пассивирующий слой разрушается при pH, превышающем 8,5. Если окружающая среда является щелочной, материал становится восприимчивым к коррозии и быстрее портится. Желание защитить другие материалы в отопительной установке приводит к ослаблению свойств алюминия, что иногда является причиной сквозной коррозии. К счастью, старый добрый метод обработки тепловых сетей гидроксидом натрия и/или дубильной кислотой уже в прошлом. Технические усовершенствования в области водоподготовки были основаны на действии гораздо более эффективных замедлителей коррозии для сплавов железа (сталь, чугун и т.д.) и для меди. Кроме того, современные установки все чаще состоят из нескольких материалов, и соответственно изменяется принцип подготовки воды. Широко распространённые в настоящее время такие молекулы, как фосфаты и молибдаты, абсолютно совместимы с теплообменником из алюминия. Рекомендации по подготовке воды для котлов из сплава алюминия и кремния очень просты:

- Как и для других котлов, умеренно жёсткая вода со средним уровнем содержания минеральных веществ препятствует образованию отложений, которые могут ослабить процесс теплообмена;
- Что касается коррозии, то этот тип оборудования мог бы без проблем контактировать с неочищенной водой, однако в результате пострадали бы другие используемые в сети металлы. Поэтому необходимо выбрать подходящую для алюминия водоподготовку (которая не повышает уровень pH);
- Для установки на существующей сети следует выполнить проверку соответствия водоподготовки (простое измерение уровня pH). В том случае, если он выше 8,5, достаточно будет переоборудовать котёл с помощью простого дренажа. Это рекомендуется выполнять во всех случаях, чтобы предотвратить засорение нового котла частицами и отложениями со старого оборудования. Придерживаясь данных указаний, можно в полной мере использовать преимущества высокоэффективной установки с котлом из сплава алюминия и кремния.

## **Выводы**

Основными свойствами, из-за которых следует отдать предпочтение сплаву алюминия и кремния, являются: **низкая плотность, механическое сопротивление, коррозионная стойкость, эксплуатационная долговечность, вязкость, пластичность, отличная теплопроводность.** Кроме того, способность к практически бесконечной переработке без потери свойств это ещё один из многих плюсов этого материала, которые считаются крайне выгодными в области теплообмена и особенно в развитии газовых конденсационных технологий. Благодаря этой уникальной комбинации свойств, огромное количество производителей котлов начинают использовать этот материал вместо тех, которым отдавали предпочтение ранее. Поэтому можно смело назвать алюминий материалом будущего в мире отопительного оборудования.