

ТРУБЫ ВЧШГ ДЛЯ НАРУЖНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

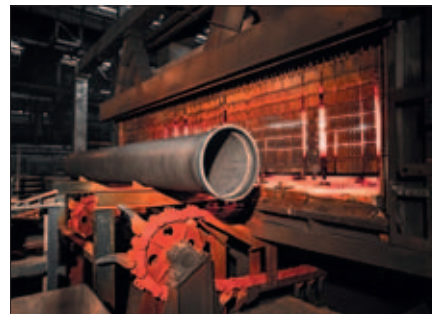
В статье описаны свойства чугуна, указаны способы нейтрализации коррозионного действия транспортируемых вод на чугунные трубопроводы.

Чугун – это сплав железа с углеродом (более 2 %), в котором углерод присутствует в виде вторичной фазы – либо графита, либо карбида железа. Чугун – многофазный материал, обладающими структурными составляющими являются феррит и перлит. Другие химические элементы (помимо железа и углерода) содержатся в чугуне в низких пропорциях, но также оказывают влияние на структуру, механические и литейные свойства чугуна. Кремний (обычно 1–3 %) играет специфическую роль в чугуне и делает его фактически троичным сплавом – железа, углерода и кремния.

Первые трубы из серого чугуна были изготовлены более 500 лет назад и предназначались прежде всего для подачи питьевой воды и отвода сточной. В 1921 г. металлурги установили, что при наличии кристаллов графита шаровидной формы можно достичь лучших характеристик прочности изготавливаемых изделий. Для получения чугуна с шаровидным графитом в 50-е годы был разработан промышленный метод обработки магнием, так как использование магния для процесса графитизации более технологично и не требует значительных денежных затрат, как, например, применение церия, лития или бария.

В зависимости от состояния углерода в структуре чугуна различают:

- **серый чугун**, в котором углерод в значительной степени или полностью находится в свободном состоянии в форме пластинчатого графита;
 - **высокопрочный чугун с шаровидным графитом (ВЧШГ)**, в котором углерод в значительной степени или полностью находится в свободном состоянии в форме шаровидного графита;
 - **ковкий чугун**, в котором весь углерод или значительная часть его находится в свободном состоянии в форме хлопьевидного графита.
- Таким образом, чугун (кроме белого) отличается от стали наличием в структуре графитовых включений, а между собой чугуны различаются формой этих включений.
- В сером чугуне графит присутствует в форме пластин, которые являются острыми надрезами внутри металла, провоцирующими образование трещин. Это оказывает отрицательное влияние на свойства чугуна: сопротивление разрыву, изгибу, кручению. В чугуне с шаровидной формой графита исключается возможность распространения трещин, так как графит представляет собой форму сферы. Такой чугун имеет более высокую прочность при растяжении и изгибе, чем серый. Прочность ковкого чугуна с хлопьевидной формой графита выше, чем у серого, и ниже, чем у высокопрочного чугуна.
- Благодаря шаровидной форме графита высокопрочный чугун обладает **комплексом механических свойств**:
- **белый чугун**, в котором весь углерод находится в связанном состоянии в виде карбида железа;



- временное сопротивление;
- ударная вязкость;
- предел текучести;
- относительное удлинение.

Благодаря высокому содержанию углерода ВЧШГ обладает всеми **традиционными качествами чугунов**:

- высокой прочностью на сжатие;
- высокой усталостной прочностью;
- хорошими литейными свойствами;
- износостойкостью;
- поддается механической обработке.

При выборе труб из чугуна, используемых для наружных сетей, особое внимание следует обращать на обработку внутренних поверхностей труб, так как вода, транспортируемая по трубопроводу, может иметь различные физико-химические свойства.

Назначение внутреннего покрытия:

- гарантировать, что гидравлические характеристики будут оставаться постоянными в течение долгого времени;
- предотвратить риск коррозии трубы вследствие взаимодействия с водой.

Одним из видов покрытия внутренней поверхности труб является цементная смесь. Вода может быть охарактеризована своей коррозионностью (свойством разъедать незащищенный металл) и своей агрессивностью (по отношению к внутреннему покрытию трубы). Влияние воды на черные металлы и материалы на цементной основе зависит от ряда факторов: содержания минеральных солей и кислорода, электропроводности, pH, равновесия углекислого кальция, температуры и т.д.

Следует рассматривать **два типа воды**:

- коррозионная вода, способная разъедать незащищенный металл;
- агрессивная вода, способная разрушать материалы на основе цемента.

Коррозионная вода разъедает незащищенные внутри металлические трубы. В большинстве случаев причиной коррозионности является содержащийся в воде кислород. В результате химической реакции возникает гидроокись, затем гидроокись железа, формируя наросты и бугры, которые могут

значительно уменьшить сечение трубы и увеличить потери напора. Такое явление наблюдается в старых трубопроводах, не имеющих внутреннего цементного покрытия. Современные трубопроводы монтируются из труб, защищенных внутри слоем цемента, который препятствует коррозии металла.

Агрессивность воды определяется ее способностью разрушать вещества, содержащие кальций (например, цемент). В зависимости от химического анализа, содержания минералов, pH и температуры воды можно различить три случая:

- стабильная вода с равновесными концентрациями соединений углекислоты, неагрессивная и не вызывающая карбонатных отложений;
- нестабильная вода, которая имеет тенденцию к отложению солей кальция (карбонаты) на внутренней поверхности трубы;
- агрессивная вода, которая может разрушать определенные составляющие цементных растворов, содержащих кальций (известь, углекислый кальций, силикат кальция, алюминат кремния). Определение агрессивности основывается на анализе воды либо при помощи графиков, которые отображают расположение исследуемой воды относительно равновесной кривой. Рекомендации по качеству воды направлены главным образом на то, чтобы транспортируемая по трубопроводу вода не была коррозионной и агрессивной. Однако среди большого количества типов перекачиваемой воды, некоторые из них имеют низкое содержание минералов (мягкая вода). Такая





вода может вызвать разрушение некоторых материалов подобно коррозионной и/или агрессивной воде.

Специально разработанное **внутреннее покрытие труб из цементного раствора** создает эффективную защиту против агрессивной воды, при этом обеспечивает хорошие гидравлические условия для потока воды, транспортируемого трубопроводом.

Цементно-песчаный раствор наносится центробежным методом. Согласно данному методу цементный раствор вводится в трубу, а затем труба быстро вращается, что способствует хорошему уплотнению покрытия. Затем покрытие сушится при заданной температуре и влажности, что придает ему необходимую прочность. Преимущество центробежного метода заключается в том, что при этом получается гладкая внутренняя поверхность, состоящая из мелких частиц (цементное молоко). Процесс придает покрытию следующие свойства:

- высокую плотность цемента;
- малую шероховатость;
- хорошее качество цементного покрытия.

Цементный раствор имеет очень гладкую поверхность, которая благоприятствует течению воды, снижает потери при транспортировании и гарантирует долговременную гидравлическую эффективность. Коэффициент шероховатости труб с внутренним цементно-песчаным покрытием принимается равным 0,03. Чтобы учесть непредвиденные потери напора, для проектирования систем трубопроводов рекомендуется использовать коэффициент шероховатости равный 0,1.

Покрытие из цементного раствора является активным. Оно является не просто защитным покрытием, но и предоставляет химическую защиту, благодаря эффекту пассивирования. Когда труба

заполнена водой, раствор постепенно впитывает воду, которая становится обогащенной щелочными веществами. В конце концов, по достижении металлической стенки трубы вода утрачивает коррозионные свойства. Волосные трещины (из-за усыхания) и вообще растрескивания, появляющиеся в процессе транспортировки, хранения или закладки, затягиваются вследствие воздействия двух реакций:

- быстрое разбухание цементного покрытия в воде;
- медленная гидратация цементных составляющих.

Коэффициенты температурного расширения цементно-песчаного покрытия ($12 \cdot 10^{-6}$ м/м·С) и ВЧШГ ($11 \cdot 10^{-6}$ м/м·С) сопоставимы между собой, что, соответственно, устраняет риск растрескивания покрытия в процессе эксплуатации труб. Механические испытания покрытия из цементного раствора на продольный изгиб, проведенные на трубах малого диаметра, показали, что цементное покрытие может выдерживать определенные диаметральные отклонения трубы.

В зависимости от условий эксплуатации трубопровода и транспортируемой среды на внутреннюю поверхность труб может быть нанесено цементно-песчаное покрытие, содержащее портландцемент, сульфатостойкий или глиноземистый цемент. Покрытие цементно-песчаным раствором создает щелочную среду на внутренней поверхности труб, тем самым предохраняя их от возникновения коррозии. Как правило, портландцемент и сульфатостойкий цемент рекомендуется применять для нанесения внутреннего покрытия на трубы, используемые для транспортировки сточных вод без возможности образования сероводорода. Глиноземистый цемент рекомендуется применять для нанесения внутреннего покрытия на трубы, используемые для транспортировки более агрессивных сред с высокими кислотными или щелочными свойствами, а именно: канализационные сточные воды с сероводородом, различные кислоты и щелочи. Использование глиноземистого цемента также показано для обеспечения износостойкости внутренней поверхности труб. Это актуально при использовании трубопровода для транспортировки сточных вод, имеющих высокую концентрацию твердых частиц, а также при крутых наклонах трубопровода, приводящих к высокой скорости транспортируемой жидкости. Максимальная температура транспортируемой среды для внутренних покрытий на основе всех видов цемента составляет 65 °С.

*Материал предоставлен
ЛТК «Свободный сокол».*