



Коррозионная стойкость — основа безопасности металлоконструкций



В ряду материалов, известных с незапамятных времен и повсеместно применяемых во многих сферах человеческой деятельности, металлы всегда занимали особое место. Причина их чрезвычайно высокой популярности легко объяснима: наряду с высокой прочностью они обладают повышенной тепло- и электропроводностью, пластичностью (ковкостью), особым металлическим блеском (отражательной способностью). Комплекс ценных физических, химических, технологических и эксплуатационных свойств, обусловленный особенностями строения металлов и сплавов, выгодно отличает их от других материалов и во многих случаях делает незаменимыми. Однако металлы не лишены некоторых недостатков. Разработчикам навесных фасадных систем с вентилируемым зазором больше всего хлопот доставляют способность металлов разрушаться под воздействием агрессивных сред и подверженность деформациям при изменении температурного режима.

Разрушение металла под воздействием окружающей среды называют коррозией. В зависимости от характера окружающей среды коррозия может быть химической или электрохимической.

Химическая коррозия представляет собой процесс взаимодействия металла с газообразной средой при отсутствии влаги. Продуктом химической коррозии являются оксиды металла. Они образуют на его поверхности пленку, препятствующую дальнейшему окислению и предохраняющую металл от электрохимической коррозии.

Электрохимическая коррозия имеет место в водных растворах, а также в насыщенной влагой атмосфере. Сущность этой коррозии заключается в том, что атомы металла, расположенные ближе к поверхности изделия, имеют очень слабую связь с глубинными ионами, поэтому легко отрываются от металла молекулами воды. Оторвавшиеся ионы металла, взаимодействуя с ионами OH^- , образуют гидроксиды, малорастворимые в воде. Коррозия может продолжаться до полного разрушения металла.

Кроме того, коррозия может возникать при контакте двух разнородных металлов или в результате химической неоднородности сплава. Активизации разрушительных процессов способствуют содержащиеся в воздухе газы (например, диоксид серы). Соединяясь с молекулами воды, тем или иным образом попавшей на поверхность конструкций, они образуют кислоты, вступающие с металлом во взаимодействие.

Коррозия — это очень опасное для металлических конструкций явление, поэтому тема обеспечения надежной противокоррозионной защиты несущих элементов каркаса навесных фасадных систем (НФС) — одна из наиболее часто обсуждаемых в кругу специалистов, имеющих отношение к фасадному строительству. О том, каким образом решается проблема повышения коррозионной стойкости металлоконструкций, применяемых сегодня в строительной практике, мы попросили рассказать генерального директора испытательного центра «ЭкспертКорр-МИСиС» **КАЗАКЕВИЧА** Андрея Валерьевича.



Казакевич Андрей Валерьевич, генеральный директор испытательного центра «ЭкспертКорр-МИСиС»

— *К числу основных факторов, определяющих долговечность навесной фасадной системы и ее безопасность, относится степень коррозионной устойчивости несущих элементов каркаса, для изготовления которых чаще всего используются оцинковка, алюминиевые сплавы и коррозионностойкие стали. Какие из перечисленных конструкционных материалов менее подвержены разрушительным воздействиям негативных факторов окружающей среды и могут быть рекомендованы для использования в фасадном строительстве?*

— На вопрос: какой материал больше подходит для изготовления системы подконструкций навесных вентилируемых фасадов? — однозначно ответить не сможет никто. К сожалению, абсолютно коррозионностойких материалов не существует, и при определенных условиях разрушается даже золото. Риск возникновения повреждений, вызванных воздействием агрессивных сред, можно значительно сократить, если руководствоваться следующим правилом: закладывая в проект тот или иной материал, не только обращать внимание на его технические характеристики, но и представлять себе, как данный материал будет работать при различных условиях эксплуатации. Поэтому когда мы говорим, что основное требование, предъявляемое к элементам несущего каркаса НФС, высокая коррозионная стойкость, это означает — коррозионная стойкость конкретного материала при его использовании в конкретной среде. Так, например, при строительстве коттеджа в экологически благоприятной зоне, предположим в районе Рузы, вряд ли имеет смысл использовать высоколегированную сталь или алюминиевые сплавы. В данной ситуации вполне можно обойтись окрашенной оцинкованной сталью.

Итак, с какими конструкционными материалами приходится иметь дело разработчикам систем вентфасадов. В настоящее время для изготовления элементов несущего каркаса навесных фасадных систем с вентилируемым зазором применяют:

- *углеродистые стали (с защитными покрытиями);*
- *легированные (коррозионностойкие) стали;*
- *сплавы на основе алюминия.*

Что можно сказать по поводу возможных вариантов повышения коррозионной стойкости фасадных конструкций, изготовленных из углеродистых сталей.

Углеродистая сталь представляет собой сплав железа с углеродом. Кроме углерода в сталях всегда присутствуют марганец, кремний, сера и фосфор. Марганец (содержание не превышает 0,5...0,8%) и кремний (содержание не превышает 0,35...0,4%) вводятся в процессе выплавки стали для раскисления. Они являются технологическими примесями. Фосфор и сера — нежелательные примеси: фосфор искажает кристаллическую решетку, а сера ухудшает свариваемость и коррозионную стойкость стали.

Задачу повышения коррозионной стойкости углеродистых сталей можно решить двумя способами: либо нанесением на поверхность листового металлопроката защитных покры-

тий в виде тонкой пленки из другого металла, менее подверженного коррозии; либо введением в сталь легирующих элементов.

Достаточно надежную защиту от коррозии позволяет обеспечить слой цинка, наносимого методом горячего цинкования. В принципе оцинкованная сталь — хороший, относительно дешевый и долговечный конструкционный материал, который в обычных условиях может использоваться без существенных ограничений.

— *Какие условия принято считать обычными?*

— Это условия эксплуатации в не очень загрязненном городе. Как Вы понимаете, ни Москва, ни Петербург к ним не относятся. Атмосфера крупных промышленно развитых городов характеризуется средней агрессивностью, и если уж мы говорим о возможности использования оцинковки, то это должна быть сталь с цинковым слоем толщиной не менее 30 мкм и дополнительным полимерным покрытием толщиной не менее 40 мкм. Защищенная подобным образом она вполне может «отработать» около 20 лет. После 3–8 лет эксплуатации начнется деструкция полимера, сопровождающаяся нарушением целостности защитного покрытия, толщина цинкового слоя будет постепенно уменьшаться, и через некоторое время он перестанет выполнять функции противокоррозионной защиты (рис. 1). Поскольку коррозии подвергаются отдельные участки, происходит местное уменьшение сечения конструктивных элементов, а значит, снижается их механическая прочность, что может привести к потере устойчивости системы.

Гораздо эффективнее предохраняют стальную основу от воздействия разрушающих факторов окружающей среды алюмоцинковые покрытия. Коррозионная стойкость металлопроката, защищенного алюмоцинком (материалы типа «гальвалюм» и «алюцинк»), в 2–6 раз превышает коррозионную стойкость оцинкованного листа.

— *Технология алюмооцинкования стального проката — это что-то новое для российского рынка?*

— Технология нанесения алюмоцинкового покрытия — это, в общем-то, давно известная вещь. На мировом рынке, а точнее в США, такой материал, как «гальвалюм», появился в 1972 году. В странах Западной Европы он применяется с 1982 года, и за это время уже успел заметно потеснить листовой металлопрокат с традиционным цинковым покрытием. Алюмооцинкование стальной полосы производится на непрерывной линии, аналогичной линии горячего цинкования. Разница заключается лишь в том, что вместо съемной ванны с расплавленным цинком устанавливается точно такая же ванна с алюмоцинковым расплавом, состоящим из трех основных химических элементов в следующих соотношениях: 55% алюминия; 1,6% кремния; 43,4% цинка.

В России промышленный выпуск алюмооцинкованного проката был впервые освоен на заводе ОАО «Северсталь» в Череповце. В силу ряда причин агрегат для нанесения алюмоцинкового покрытия некоторое вре-

мя назад был переориентирован на выпуск оцинкованного листа. В настоящее время основными производителями стального проката, защищенного слоем алюмоцинка, являются зарубежные компании. В их числе такой известный германский концерн, как Arcelor, поставляющий на российский рынок сталь с алюмоцинковым покрытием Aluzinc AZ150-AZ185 толщиной 20–25 мкм (150–185 г/м²).

— *На чем основан механизм противокоррозионной защиты? Каков максимальный срок службы металлоконструкций с алюмоцинковым покрытием?*

— Благодаря химическому составу и специфичной структуре алюмоцинковое покрытие обеспечивает многоуровневую антикоррозионную защиту стальной основы. Алюминий, образующий на поверхности листа препятствующую коррозии оксидную пленку, обеспечивает «барьерную» защиту. В свою очередь цинк вступает в химическую реакцию с водой, и, корродируя, обеспечивает на начальной стадии эксплуатации (0,5–1,5 года) «жертвенную» защиту базовому металлу на кромках и в местах механических повреждений. В дальнейшем поверхность цинка покрывается защитной пленкой, что дополнительно снижает скорость коррозии.

Алюмоцинковое покрытие обладает высокой протекторной защитой и гарантирует сохранение коррозионной стойкости даже при механическом повреждении защитного слоя. Сравнительные испытания образцов сталей с цинковым и алюмоцинковым покрытиями показали, что при одинаковой толщине покрытий свойства алюмооцинкованных сталей превосходят свойства обычных оцинковок в 2–6 раз.

Согласно данным Британского бюро сертификации срок службы материалов типа «алюцинк» (до появления первых признаков коррозии) оценивается следующим образом: в сельской среде — 20 лет; в промышленной среде — 15 лет; в городской среде — 15 лет.

Алюмооцинкованную сталь можно окрашивать. Металлоконструкции с алюмоцинковым слоем толщиной 40 мкм и дополнительным лакокрасочным покрытием толщиной 45–60 мкм вполне могут выдержать 50 лет эксплуатации в обычных условиях.

Еще один способ защиты стали от коррозии — *легирование*, то есть сплавление с другими металлами, изменяющими строение, физические, химические и эксплуатационные свойства стали.

Основным легирующим элементом нержавеющей (коррозионностойких) сталей является хром. При содержании Cr в количестве 12–20% на поверхности сплава образуется тончайшая оксидная пленка (Cr_2O_3), предотвращающая контакт металла с окружающей средой, а также повышается электрохимический потенциал стали, что тоже очень важно. Слой окиси хрома обладает высокой атмосферостойкостью и даже после механического или химического повреждения быстро самовосстанавливается; поэтому способность противостоять коррозии у металла сохраняется.

Однако нержавеющей нержавеющей — разнь. Согласно классификации, применяемой в ме-

талловедении, по своей структуре коррозионностойкие стали подразделяются на четыре основных класса: *ферритные; ферритно-аустенитные; аустенитные; мартенситные*. В зависимости от принадлежности к тому или иному классу значения показателей коррозионной стойкости легированных сталей изменяются в довольно-таки широких пределах. Самой низкой сопротивляемостью коррозии обладают стали мартенситного класса, поэтому они не нашли применения в строительстве. Гораздо лучше противостоят коррозии стали ферритного класса (08X13; 12X17; 08X25T; 15X28), и, тем не менее, к ним следует относиться весьма осторожно. Опыт наблюдений за несколькими эксплуатируемыми объектами позволил нам сделать следующий вывод: всем известную и достаточно часто применяемую в системах подконструкций сталь X13 в атмосферных условиях использовать нельзя, поскольку в обычной атмосфере она начинает ржаветь. Конечно, такой сплав разрушается медленнее, чем обычная углеродистая сталь, но от этого не легче. А все почему? Потому что сталь X13 предназначена для использования в достаточно жестких условиях предприятий химической промышленности, то есть в среде, характеризующейся повышенным содержанием окисляющих веществ.

— *Чем же объясняется тот факт, что сталь, предназначенная для работы в достаточно агрессивных средах, начинает разрушаться под воздействием атмосферных факторов?*

— Все очень просто. Обычное разрушение металла — это процесс окисления, сопровождающийся образованием пленки различной плотности. При воздействии достаточно большого количества сильного окислителя, например, свободного кислорода или нитратов, образуется плотная окисная пленка. Если же окисляющих веществ в атмосфере мало, образуется недостаточно плотная пленка, которая со временем начинает осыпаться, что и приводит к возникновению язвенных повреждений. Вот почему в системах вент-фасадов следует использовать сплавы с повышенным содержанием хрома, который и обеспечивает коррозионную стойкость, например, сталь X17 или нечто подобное.

Однако у хромистых сталей ферритного класса имеются свои минусы. Дело в том, что любая ферритная сталь, а к ферритным сталям относятся стали, у которых основная фаза — альфа-железо, при взаимодействии с внешней влажной средой начинает ржаветь. Если не обращать внимания на эстетический облик конструкций, то в принципе эту сталь вполне можно использовать для изготовления скрытых от постороннего взгляда направляющих. Конечно, может так случиться, что в один прекрасный момент Вы обнаружите на защитно-декоративном экране ржавые подтеки, но на механической прочности фасадной системы подобная «живопись» не отражается.

Более серьезные проблемы могут возникнуть при использовании ферритных сталей в качестве материала для изготовления высоконагруженных деталей с применением сварки, мощного обжатия, изгибов с маленькими ра-

диусами. Это объясняется тем, что стали упомянутого класса при перегреве становятся хрупкими. Справочные и экспериментальные данные, которыми мы располагаем, позволяют говорить о том, что ферритную сталь со сварными соединениями можно использовать лишь при комнатных температурах.

Для улучшения прочностных характеристик ферритных сталей в них добавляют 2...3% никеля. С увеличением содержания никеля до 8–10% в кристаллической решетке сплава происходят существенные структурные изменения, и хромистые ферритные нержавеющие стали становятся хромоникелевыми аустенитными. Нержавеющие стали аустенитного класса (04X18H10; 12X18H9T) выгодно отличаются от ферритных сталей более высокой коррозионной стойкостью, лучшими технологическими свойствами, хорошо свариваются.

Казалось бы — все замечательно. Но, не тут-то было, поскольку и аустенитные стали не лишены недостатков.

Например, у самой простой хромоникелевой аустенитной стали есть такая особенность: при профилировании или штамповке в местах повышенных механических нагрузок часть аустенита превращается в феррит. То есть в сплаве появляются две фазы, образующие гальваническую пару, и складываются предпосылки для возникновения электрохимической коррозии.

Весьма проблематичным может оказаться применение хромоникелевых аустенитных сталей в том случае, когда строящийся объект расположен на морском побережье. Это объясняется тем, что в условиях приморской атмосферы у подобных сталей появляется склонность к точечной коррозии. Для строительства в прибрежных районах больше подойдет аустенитная сталь, легированная молибденом и титаном (например, сталь 08X17H13M3T). Поэтому я еще раз повторяю: чтобы правильно выбрать материал для подконструкций, необходимо исходить из конкретных условий эксплуатации.

Легированные элементы, без всякого сомнения, благотворно влияют на характеристики сплавов, но они заметно увеличивают их стоимость. Поскольку ценовой показатель — один из основных факторов, влияющих на выбор компонентов системы, многие стараются использовать материалы подешевле, что не всегда бывает обоснованно. В связи с этим хочется напомнить известную пословицу: «скупой платит дважды», которую следует понимать так: «экономишь на строительстве — потеряешь на эксплуатации».

Но вопросы экономической политики — это не наша сфера, поэтому продолжим разговор о конструкционных материалах. Помимо сплавов на основе железа в строительной отрасли нашли применение *сплавы алюминия с магнием и кремнием*. Кроме основных компонентов в алюминиевых сплавах присутствуют неизбежные примеси: железо, медь, цинк, свинец, водород. Первые алюминиевые сплавы, полученные в 50-х годах XIX века, представляли собой сплав алюминия с кремнием и характеризовались невысоки-

ми прочностью и коррозионной стойкостью. В середине прошлого века, когда объемы потребления алюминия в строительстве заметно возросли, в подавляющем большинстве случаев для изготовления конструкций применялись сплавы системы Al-Mg-Si (типа 6063 и его российский аналог АД31). В дальнейшем развитие сплавов строительного назначения шло по пути увеличения их механических и коррозионностойких свойств за счет повышения содержания легирующих добавок. В настоящее время в мире существует около 70 марок Al-Mg-Si сплавов. Алюминиевые сплавы, применяемые в фасадостроении, можно условно разделить на две группы: сплавы строительного назначения для ограждающих конструкций (типа 6060, 6063; АД31), обладающие пределом прочности 17–250 МПа, и конструкционные сплавы для несущих конструкций (типа 6061, 6082; российские аналоги АД33 и АД35 соответственно) с повышенным содержанием легирующих элементов и пределом прочности не менее 300 МПа. Основная цель, которая преследовалась при разработке сплавов трехкомпонентной системы Al-Mg-Si, как раз и заключалась в том, чтобы обеспечить максимальную коррозионную стойкость конструкций при использовании их в атмосферных условиях.

— *Какие виды разрушений характерны для алюминиевых сплавов?*

— В отличие от обычных сталей для алюминиевых сплавов характерна незначительная общая коррозия. Алюминий очень хорошо окисляется. На поверхности «живого», то есть дополнительно не обработанного алюминиевого сплава быстро образуется пленка Al_2O_3 , и создается впечатление, что с самим металлом вроде бы ничего не происходит. Конструкции остаются гладкими, блестящими в течение достаточно длительного периода времени. Однако многие не догадываются, что под воздействием атмосферных условий в объеме сплава происходит внутреннее охрупчивание, так называемая локальная коррозия, в связи с чем прочность конструктивных элементов намного уменьшается, и срок службы системы, естественно, сокращается.

Алюминиевые сплавы в «живом», то есть в не анодированном виде, на мой взгляд, использовать нежелательно. Анодирование, то есть принудительное образование защитного оксида, — очень эффективный способ защиты алюминиевых конструкций от многих видов коррозии, позволяющий как минимум процентов на 50% увеличить их долговечность. Скажем, на конструкциях, выполненных из АД31, при их эксплуатации в не анодированном виде уже лет через 15–20 могут появиться существенные очаги повреждений. Анодированный же сплав начинает разрушаться лет через 25, а чаще всего после 35–40 лет эксплуатации. Продлить срок службы алюминиевого каркаса до 50 лет позволяет двухступенчатая система защиты: анодирование с последующим нанесением лакокрасочного покрытия.

К числу недостатков алюминиевых сплавов следует отнести зависимость качества сплава от того, кто его изготавливает и из



1, 2. Контактная коррозия алюминиевых сплавов (DSCN1659 и DSCN1663).

3. Коррозия оцинкованной окрашенной стали (DSCN4374).

каких элементов. Ведь можно сделать алюминиевый сплав, по соотношению основных компонентов соответствующий нормативным требованиям, но при этом не соблюсти ограничения по концентрации вредных примесей: Fe, Cu, Zn, Pb. Например, увеличить содержание железа или меди, что сразу же переведет сплав в разряд коррозионно неустойчивых. Вот почему любые коррозионные исследования (и в том числе испытания) необходимо начинать с определения химического состава конструкционного материала.

Один из основных недостатков алюминиевых сплавов — низкий предел огнестойкости, что отрицательно сказывается на пожарной безопасности фасадной системы. Температура плавления алюминия 660°C, однако алюминиевые конструкции уже при 200–250°C начинают терять прочность. Эта особенность должна обязательно учитываться при проектировании фасадных систем.

Одним словом, пригодных материалов много, просто их применение должно быть обоснованным. Тогда и проблем, обусловленных способностью металлов разрушаться под воздействием негативных факторов окружающей среды, будет меньше.

— В деле обеспечения долговечности и безопасности навесной фасадной системы не последнюю роль играет крепеж. Анкеры, болты, винты, саморезы, заклепки и т.п., изготавливаемые из сплавов на основе железа и алюминия, при определенных условиях могут спровоцировать развитие разрушительных процессов. Какие моменты следует учитывать, чтобы сократить до минимума риск возникновения проблем, обусловленных недостаточной коррозионной стойкостью металлических компонентов фасадной системы?

— Во-первых, надо запомнить одно правило — никогда не применять крепежные изделия, не прошедшие техническую оценку пригодности. К сожалению, на сегодняшний день ситуация такова, что случаи использования не сертифицированного крепежа встречаются сплошь и рядом. У такого крепежа, как правило, и механическая прочность не надлежащая, и покрытие выполняет скорее декоративные функции, нежели защитные, поскольку по толщине не превышает 4–5 мкм.

Очень часто встречающаяся ошибка, которая может привести к непредсказуемым последствиям, — применение в одном крепежном узле разнородных материалов: оцинковки, нержавеющей стали и алюминиевых сплавов без дополнительных мер изоляции контактирующих поверхностей. Иногда это

грубейшее нарушение технологии закладывается в проект, что свидетельствует о некомпетентности разработчика системы. В некоторых случаях дает о себе знать пресловутый человеческий фактор. Это те самые случаи, когда монтажник знает, как надо делать, но по каким-то причинам не выполняет рекомендации разработчика системы относительно технологии монтажа. Ведь практически в любом альбоме технических решений сказано, каким образом должны изолироваться места контакта: где необходимо применить окрашивание, где следует установить прокладки. Кроме того, существуют строительные нормы и правила, в которых все это достаточно подробно расписано. Однако и они благополучно игнорируются. Самое эффективное средство борьбы с подобной самодеятельностью — контроль, но разве можно проконтролировать качество выполнения всех крепежных узлов?

В фасадных конструкциях существует еще один потенциально опасный момент — контакт металлических элементов с теплоизоляционными материалами из минерального, каменного или стеклянного волокна. К сожалению, в отечественном материаловедении достаточно много белых пятен, поэтому мы пока еще не можем точно определить степень агрессивности среды, возникающей при увлажнении той же минваты, дать какие-то определенные рекомендации относительно способов защиты металлоконструкций, но о подобном разрушающем факторе тоже не следует забывать.

— В чем суть процесса коррозии, протекающего в местах контакта разнородных элементов, например, оцинкованного крепежа и несущих конструкций из алюминиевых сплавов?

— Во-первых, следует иметь в виду, что контактная коррозия возникает практически в любой конструкции, так как это обусловлено неизбежным применением разнородных металлов. Желательно, чтобы электрохимическая разнородность была минимальна.

В основе явления контактной коррозии лежит работа гальванического элемента, в котором разрушается анодный (более электроотрицательный) компонент. Отсюда следуют основные способы предотвращения (или торможения) этого вида коррозионных разрушений — применение изолирующих (разрывающих гальванический элемент) прокладок, уменьшение площади катодных (электроположительных) деталей, нанесение защитных покрытий.

В общем случае (как было показано в работах Акимов Г.В., Томашова Н.Д., Розенфельда И.Л.) коррозия алюминиевых

сплавов уменьшается при образовании гальванической пары с цинком. Но в реальных конструкциях, эксплуатирующихся в атмосфере, ситуация несколько сложнее лабораторных условий, так как возможны местное образование конденсата, появление участков с пористыми гигроскопичными наслоениями пыли, образование объемных продуктов коррозии контактирующих материалов.

Например, в местах достаточно жестких контактов (под шляпкой заклепки или под головкой болта), где образование конденсата практически исключено, электролитическая реакция протекать не сможет, но после значительного повреждения крепежа и образования продуктов коррозии вблизи места контакта начнется локальная коррозия алюминиевого сплава (рис. 2). Чаще повреждения возникают в местах неплотного прилегания шляпки оцинкованного крепежа к поверхности алюминиевого профиля вследствие образования конденсата в зазоре.

Кстати, саморезы — достаточно небезопасный для вентфасадов элемент конструкции, поскольку при импульсных вибрациях навесных элементов облицовки соединение постепенно разбалтывается, что при одновременном постепенном уменьшении сечения саморезов вследствие коррозии может привести к их самовыкручиванию. Заклепочное соединение обладает большей надежностью. Кроме того, с заклепками проще подобрать тот или иной материал и легче организовать изоляцию одного материала от другого.

— И в заключение — Ваши пожелания участникам рынка вентсистем.

— Закладывая те или иные конструкционные материалы в проект, учитывать реальные условия эксплуатации вентсистемы.

Строго соблюдать конструктивные особенности и технологию монтажа, что, собственно говоря, и определяет механическую прочность и долговечность фасадной системы.

С осторожностью относиться к расценкам. Многолетний опыт применения расценочных предложений показывает, что в большинстве случаев они приводят к нарушению технологии и, как следствие, к снижению эксплуатационной надежности фасадной системы.

При оценке стоимости всей конструкции учитывать не единовременные начальные затраты, а в пересчете на весь срок эксплуатации. Только взяв за основу показатели удельных затрат на единицу времени, можно с достаточной степенью достоверности определить выгоду от применения того или иного материала.