

КОРРОЗИОННАЯ СТОЙКОСТЬ И ЗАЩИТА АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ В СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЯХ

Продолжение. Начало в № 2 (80), 2010 г.

В последние годы в отечественной строительной практике получили широкое распространение фасадные системы с вентилируемым воздушным зазором. Для подконструкций вентилируемых фасадов, в значительной мере определяющих его долговечность и безопасность, важным вопросом является выбор материала. [7–9]

В настоящее время на российском рынке представлены подконструкции из трех основных видов материалов: углеродистой оцинкованной стали, алюминиевого сплава АД31 Т1 системы Al-Mg-Si (6063 Т6) и коррозионностойких сталей типа 08-12Х18Н10Т. Так как углеродистая сталь, в том числе оцинкованная, обладает пониженной коррозионной стойкостью, а применение окрашенных конструкций из этих сталей предполагает периодический (через 10–12 лет) ремонт и возобновление покрытий, то применение углеродистых сталей для подконструкций вентилируемых фасадов оказывается совершенно нецелесообразным. В этой связи алюминиевые сплавы как современный легкий, достаточно прочный, коррозионностойкий материал представляет большой интерес и может выступать как полноценный конкурент высоколегированным стабилизированным нержавеющей сталям.

СПЛАВ 6063 Т6

Из многих коррозионностойких алюминиевых сплавов сплавы системы Al-Mg-Si наиболее широко применяются для несущих конструкций как в отечественной строительной индустрии (АД31, АД33, АД35), так и за рубежом. [8]

В США, Канаде, Англии из сплавов этой системы изготовлены трубопроводы большой протяженностью для транспортировки воды и нефтепродуктов. Замечания по коррозии отсутствуют. Алюминиевый сплав 6063 системы Al-Mg-Si, легированный небольшим количеством магния и кремния (табл. 1), относится к

Табл. 1. Химический состав, % по массе

Обознач.	Si	Mg	Fe	Cu	Mn	Zn	Cr	Ti	др.	Al
АД31	0,3–0,7	0,4–0,9	0,5	ОД	ОД	–	0,15	0,05	ОД	осн.

Табл. 2. Типичные механические свойства

Сплав и режим т/о	Свойства при растяжении			Выносливость, база 50х107 цикл.	Предел прочн. на срез, МПа	Модуль упругости, МПа х 103
	Предел прочности, МПа	Предел текучести, МПа	Удлинение, %			
6063 О	90	50	–	55	70	69
6063 Т6	240	215	12	70	150	69
6063 Т83	255	240	9	–	150	69
6063 Т832	290	270	12	–	185	69
АД31 Т	140	70	29	–	–	–
АД31 Т1	255	225	12	88	150	71

Табл. 3. Свойства профилей из сплава 1913пчТ3

Свойства	Показатели
Механические свойства, σ , σ_{02} (МПа) δ , %	470, 410, 14
Склонность к коррозионному растрескиванию (КР), ГОСТ 9.019	Отсутствует при $\sigma = 0,9\sigma_{02}$
Склонность к растрескивающей коррозии (РСК), ГОСТ 9.904	Отсутствует, балл 2
Склонность к межкристаллитной коррозии (МКК), ГОСТ 9.021	отсутствует
Общая коррозионная стойкость, КСТ 90 суток, ГОСТ 9.913; потери σ и δ , %	0; 0,5
Раствор 3NaCl + H ₂ O ₂ — 90 суток, ГОСТ 9.913; потери σ и δ , %	0; 0

группе коррозионностойких высокотехнологичных материалов. Сплаву 6063 соответствует отечественный аналог — сплав АД31. Типичные механические свойства сплавов 6063 и АД31 приведены в таблице 2. Относительно высокая прочность и очень хорошее сопротивление коррозии делают сплав АД31 Т1 (6063 Т6) очень перспективным для изготовления различных конструкций, в том числе строительных, морских, а также механизмов и технологического оборудования.

Сплав АД31 (6063 Т6), расположенный в области $\alpha + Mg_2Si$, где состав фазы Mg_2Si соответствует стехиометрическому, обладает очень высокой коррозионной стойкостью. Потери механических свойств полностью отсутствуют после ускоренных испытаний образцов сплава АД31 Т1 в течение 6 месяцев при полном погружении в раствор 3% NaCl + 0,1% H₂O₂. Сплав не склонен к расслаивающей коррозии и к коррозионному растрескиванию в условиях постоянной деформации или нагрузки, не склонен к МКК при испытании ускоренным методом по ГОСТ 9.019 и в натуральных климатических условиях.

Длительные (в течение 20 лет) испытания профилей из сплава АД31 Т1 в промышленной атмосфере и в атмосфере побережья Баренцева моря [12], экстраполяция результатов до 100 лет (экспозиции образцов — рис. 1, 2) подтверждают высокую коррозионную стойкость материала и перспективность его применения для подконструкций навесных фасадов.

Прогноз прочностных характеристик сплава АД31 Т1 (6063 Т6) показывает, что через 50 лет эксплуатации минимальная остаточная прочность подконструкций навесных фасадов составит 204–217 МПа, через 100 лет — 180–190 МПа. В этой связи представляется перспективным рассмотреть возможность применения сплавов с более высокими прочностными характеристиками, не уступающими по коррозионной стойкости сплаву АД31 Т6. Это значительно повысит надежность конструкции, исключит воздействие экстремальных ситуаций и случайных перегрузок.

В таблице 3 приведены данные прочностных и коррозионных характеристик сплава 1913пчТ3, разработанного и паспортизованного в ВИАМ. Сплав 1913пчТ3 системы Al–Zn–Mg–Cu является термически стабильным; он не чувствителен к эксплуатационным и солнечным нагревам, обладает хорошей свариваемостью. Прочность сварного соединения составляет 90% прочности основного материала.

Натурные коррозионные испытания сплава 1913пчТЗ (листов толщиной 2мм и профилей толщиной 3мм) в условиях морских тропиков в течение 12 месяцев (т/х «Изумруд») и в условиях теплого умеренного климата (ГЦКИ, г. Геленджик) в течение 3-х лет показали, что глубина питтинговой коррозии составляет 0,07 – 0,14 мм.

Алюминиевые сплавы в контакте с разнородными материалами являются обычно анодами и подвергаются разрушению. Исключение составляют магний и цинк, которые сами разрушаются в контакте с алюминиевыми сплавами, осуществляя при этом электрохимическую защиту. По электрохимическим характеристикам в порядке уменьшения опасности контакта с алюминиевым сплавом контактируемые материалы

располагаются в следующем порядке: углепластик, медь и медные сплавы, титан и титановые сплавы, нержавеющие стали, углеродистые стали. Впрочем, последние в эксплуатации бывают часто более опасны, чем нержавеющие стали, вследствие образования активных продуктов коррозии, вызывающих разрушение алюминиевых сплавов. По степени усиления коррозии в контакте с разнородными металлическими материалами коррозионностойкие алюминиевые сплавы несколько уступают сплавам пониженной коррозионной стойкости.

На рисунке 3 показано, что алюминиевые сплавы в контакте с нержавеющей сталью подвергаются значительной коррозии: плотность тока в контакте со сталью 12Х18Н10Т на 2 – 3 порядка больше, чем при отсутствии контакта. При этом контактный ток у коррозионностойких сплавов, таких, как АД37, В1341, АД33, больше, чем у сплава Д16 пониженной коррозионной стойкости.

Конструктивные образцы профиля из сплава 6063 Т6 с крепежом из стали 12Х18Н10Т испытаны в течение 90 суток в камере солевого тумана с непрерывным распылением раствора 5% NaCl при температуре 35 °С. Влажность в камере составляет 98%. На фото 1 показаны образцы после 60-ти суток испытаний: значительная коррозия алюминия в контакте с болтом из нержавеющей стали, причем усиление коррозии вокруг болтов отмечается уже на 5-е сутки.

Таким образом, в процессе эксплуатации подконструкций навесных фасадов из алюминиевых сплавов будет происходить усиление коррозии алюминиевого сплава в контакте с крепежом из не-

ржавеющей стали. Коррозия будет развиваться в 100 – 150 раз активнее, чем на образцах алюминиевого профиля без контакта.

Для предотвращения контактной коррозии необходимо заменить крепеж из нержавеющей стали на алюминиевый или титановый (анодированный импульсным методом) либо производить поставку крепежа из нержавеющей стали на защитных сырых грунтах. Оцинкованный крепеж из углеродистой стали необходимо устанавливать на грунтах и окрашивать внешнюю поверхность, причем восстановление лакокрасочного покрытия производить по состоянию, через каждые 7 – 10 лет.

В соответствии с имеющейся документацией [13, 14] и опытом эксплуатации конструкций в различных климатических условиях, отверстия в деталях из алюминиевых сплавов в контакте с нержавеющей сталью можно подвергать местному химическому оксидированию и окраске.

Коррозионностойкие малолегированные сплавы систем Al – Mg, Al – Mn, Al – Zn – Mg, Al – Mg – Si широко используют в строительных сооружениях различного назначения, в том числе в силовых конструкциях без применения защитных покрытий. Сплавы не склонны к коррозионному растрескиванию, расслаивающей и межкристаллитной коррозии — наиболее опасным видам коррозионных поражений.

Рис. 3. Анодные поляризационные кривые алюминиевых сплавов и катодные поляризационные кривые сталей 30ХГСА и 12Х18Н10Т в 3%-ном растворе NaCl

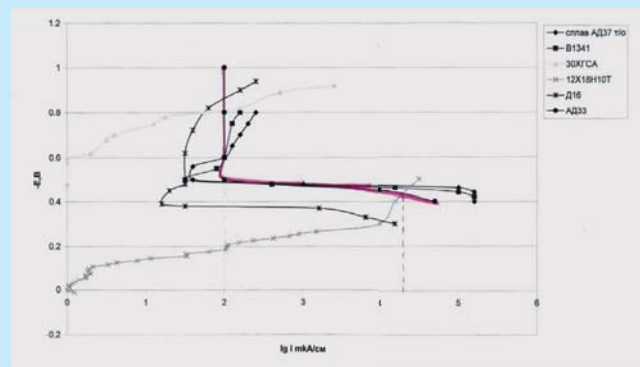


Фото 1. Внешний вид конструктивных образцов (профиль 6063Т6 + болт из стали 12Х18Н10Т) после испытания в течение 60 суток в камере солевого тумана:

А — лицевая сторона, Б — оборотная сторона

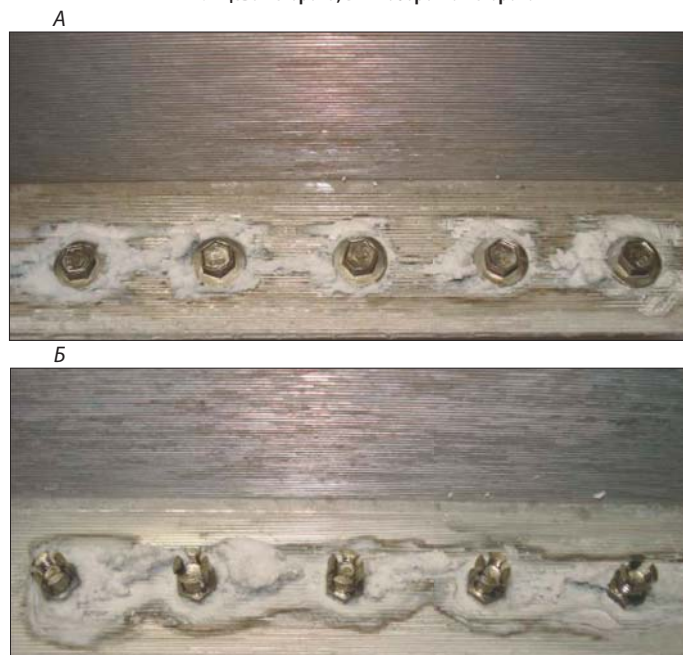


Рис. 1. Зависимость глубины питтинговой коррозии алюминиевых сплавов от продолжительности испытания в условиях промышленной атмосферы (а) и побережья Баренцева моря (б): 1 — листы АМцМ; 2 — листы АМг 2П; 3 — профили АД31 Т1

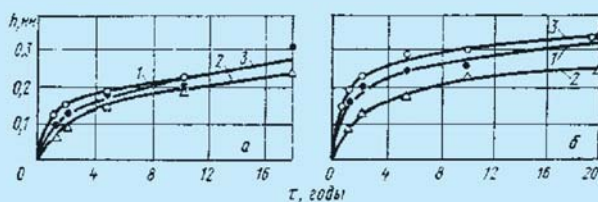
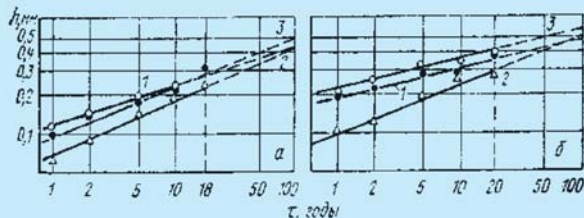


Рис. 2. Логарифмическая зависимость глубины питтинговой коррозии алюминиевых сплавов от продолжительности испытаний в условиях промышленной атмосферы (а) и побережья Баренцева моря (б): 1 — АМцМ; 2 — АМг 2П; 3 — АД31 Т1.



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Прогнозирование коррозионной стойкости до 50-ти лет и более на основании длительных натуральных испытаний алюминиевых сплавов без защитных покрытий в различных климатических зонах земного шара показали, что алюминиевые сплавы в атмосферных условиях склонны к питтинговой коррозии, скорость развития которой во времени снижается. В наиболее агрессивных климатических зонах России питтинговая коррозия может достигать в течение 50-ти лет глубины 0,3 мм, в течение 100 лет — 0,5 мм. Такие коррозионные поражения приведут к снижению прочностных характеристик материала на 15–25% соответственно. Для повышения надежности эксплуатации конструкций, в связи со снижением остаточной прочности материала в течение 50-ти и более лет эксплуатации, представляется целесообразным заменить сплав 6063 Т1 (АД31) на более прочный алюминиевый сплав, не уступающий по коррозионной стойкости сплаву 6063 Т1. Разработанный в ВИАМ сплав 1913пчТЗ отвечает всем необходимым требованиям, предъявляемым к подконструкциям навесных фасадов. Прочностные характеристики сплава 1913пчТЗ: $\sigma_{\text{бв}} = 470$ МПа, $\sigma_{02} = 410$ МПа, $\delta = 14\%$. Коррозионная стойкость сплава 1913пчТЗ — на уровне сплава 6063 Т1. При использовании в конструкции навесных фасадов крепежа и других деталей из нержавеющей стали, контактирующих с несущей конструкцией из алюминиевого сплава, необходимо применение защиты мест контакта.

● **А. Д. ЖИРНОВ**, к. т. н., зам. ген. директора по научному направлению «Антикоррозионная защита металлических, неметаллических и композиционных материалов», **С. А. КАРИМОВА**, к. т. н., начальник, **В. Н. ГОЛОВИНА**, ведущий инженер; Лаборатория «Коррозия и защита материалов», Федеральное унитарное государственное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов». Данный материал был представлен на 3-й Международной конференции «Алюминий в строительстве», организованной компанией «Алюсил МВИТ»

Литература

1. «Алюминиевые сплавы»; перевод с немецкого. — М.: Изд. «Металлургия», 1979 г.
2. «Применение алюминиевых сплавов». Справочное руководство. — М.: «Металлургия», 1973 г.
3. «Алюминий»; перевод с английского. — М.: Изд. «Металлургия», 1972 г.
4. Guilhaudis A.: Some Aspects of the Corrosion Resistance of Aluminium Alloys in Marine Atmosphere – Anti-corrosion., №3, 1975, p.12–16.
5. Kehler W. F. Zurich 20 jahrige Bewitterungsversuche in Japan. — Sar/RSA, 1978, №3, p.113–118.
6. Weibgerber R.: Uber Auswirkungen 12 jahriger Freiluftbewitterungen auf Aluminium-Knetwerkstoffe. Ifl-Mitt, 1979, №№1, 7–10.
7. «Лучшие фасады», №15, 2007 г., стр.34–40, 72–75, 82–85, 106–109.
8. «Современные строительные конструкции. Фасадные системы», №3, 2007 г., стр. 28–33.
9. Казакевич А. В. «Заключение по проведению комплексного анализа устойчивости к атмосферной коррозии и определение области применения и относительной долговечности различных металлов и их комбинаций в навесных конструкциях в условиях реальных сред применения»: ООО ИЦ «Эксперт Кор-МИСиС», 2004 г.
10. «Применение алюминиевых сплавов». Справочное руководство. — М.: «Металлургия», 1973 г., стр. 9–59.
11. Hollingsworth E. H. and Hunsicker H. Y.: Corrosion of Aluminium and Aluminium Alloy Specific Alloy Systems, p. 583–609.
12. Синявский В. С. и др. «Коррозия и защита алюминиевых сплавов». — М.: «Металлургия», 1986 г., стр. 257.
13. ГОСТ 9.005 ЕСЗКС «Допустимые и недопустимые контакты металлов. Общие требования».
14. РТМ 1.2.153-93 (ВИАМ) «Контактная коррозия сплавов авиационного назначения и выбор методов защиты».



СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС РЕГИОНОВ РОССИИ

СТРОИТЕЛЬСТВО И РЕМОНТ

2010

16-Я МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА СТРОЙМАТЕРИАЛОВ, СТРОИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ, ОБОРУДОВАНИЯ, ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ СТРОЙИНДУСТРИИ И РЕМОНТА

ОФИЦИАЛЬНАЯ ПОДДЕРЖКА



Торгово-промышленная палата Российской Федерации



Ассоциация строителей России



Союз проектировщиков России



Ассоциация предприятий архитектурно-строительного и коммунального комплекса



Союз строителей Урала



Ассоциация «Пермские строители»

Пермь, 18-22 мая 2010

614077, г. Пермь, б-р Гагарина, 65, тел. (342) 262-58-58, www.exporepm.ru