

# КОРРОЗИОННАЯ ДОЛГОВЕЧНОСТЬ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ И КОРРОЗИОННОСТОЙКИХ СТАЛЕЙ В ПОДКОНСТРУКЦИЯХ ВЕНТИЛИРУЕМЫХ ФАСАДОВ

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время развивается новое направление применения металлических материалов в строительстве — навесные вентилируемые фасады (НВФ). В них сочетаются ограждающие и несущие свойства. Для профилей в этих конструкциях оказалось возможным применить сплавы типа АД31 в искусственно состаренном состоянии (Т1).

Учитывая перспективность нового направления по использованию алюминиевых сплавов в строительстве, был проведен детальный анализ их коррозионной стойкости на основе исследований ОАО «ВИЛС» в природных условиях и испытаний в лаборатории образцов и узлов систем навесных вентилируемых фасадов.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЙ

Исследовались прессованные профили сплавов АД31Т1 толщиной 2 и 4 мм и сплава 6063Т6 толщиной 2 мм, алюминий марки АД0 Н и крепежи, полуфабрикаты, детали из сталей 12Х18Н10Т и 08Х18Т1. Химический состав и исходные механические свойства этих материалов соответствовали требованиям стандартов. Испытания проводились в атмосферных условиях различной агрессивности (табл. 1) и ускоренными методами на общую коррозию, коррозионное растрескивание (КР) и расслаивающую коррозию (РСК).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

### 1. Результаты атмосферных испытаний.

Испытания на атмосферных станциях продолжаются уже более 45 лет, однако в настоящее время мы располагаем такими результатами только на одной промышлен-

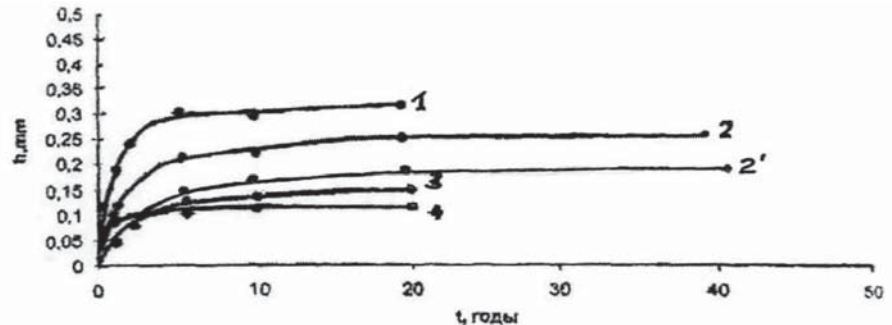


Рис. 1. Зависимость максимальной глубины питтинговой коррозии на сплаве АД31Т1 (1, 2, 3, 4) и алюминия АД0 Н (21) от продолжительности испытаний в различных атмосферных условиях: 1 — поб. Баренцева моря; 2 — промышленная (ВИЛС); 3 — поб. Черного моря; 4 — сельская (г. Звенигород)

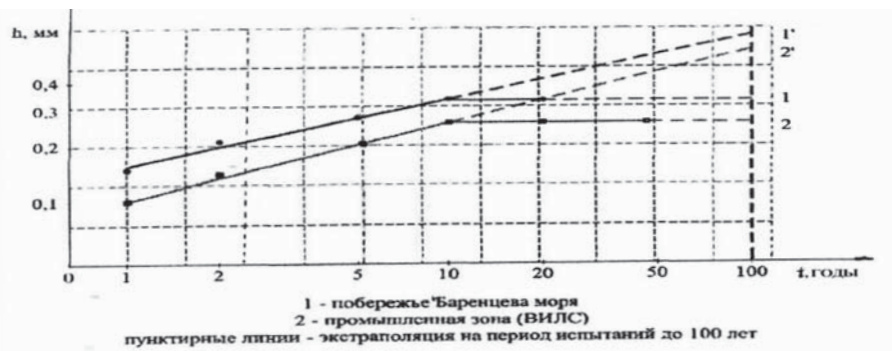


Рис. 2. Зависимость максимальной глубины питтинговой коррозии на сплаве АД31Т1 от продолжительности испытаний в логарифмических координатах

ной станции средней агрессивности. Для других станций имеются данные за 20 лет испытаний.

Во всех перечисленных условиях сплав АД31Т1 и алюминий АД0 Н подвергались исключительно питтинговой коррозии. Максимальная глубина ее была пропорциональна агрессивности станции и возрастала в порядке (мм) 3—0,14; Б—0,16; В—0,26; С—0,32 (рис. 1). Таким образом, в среднеагрессивной атмосфере глубина питтинго-

вой коррозии возростала не более чем в два раза по сравнению со слабоагрессивной.

Как показали наши многочисленные испытания в других местах и непосредственный анализ коррозионного состояния некоторых работающих зданий, а также по литературным данным в многочисленных точках земного шара, глубина коррозии алюминиевых сплавов этого типа укладывается в интервале между кривыми 1 и 4, показанными на рис. 1. По кинетическим зависимостям хорошо видно, что развитие коррозии в атмосферных условиях любой агрессивности закономерно и очень сильно тормозится во времени. До 10 лет эти кривые достаточно хорошо могут быть представлены в виде степенной функции [1]. В логарифмических координатах такая зависимость выражается в виде прямых, удобных для прогнозирования (рис. 2). Однако, как показал анализ результатов, полученных после 20 лет выдержки, эти данные не укладывались в установленную зависимость и практически мало отличались от значений, полученных за 10 лет. Возникло предположение, что процесс электрохимического растворения в питтингах с максимальной глубиной прекратился. Результа-

Табл. 1. Характеристика мест испытаний

Места испытаний	Содержание агрессивных примесей		Примечание
	SC>2, мг/м	Cl-, мг/м <sup>2</sup> сут.	
Звенигородская атмосферная станция (З)	0,017	0,16	Чистая сельская атмосфера (слабоагрессивная)
Промышленная атмосферная станция, территория ВИЛС (В)	0,5	0,7	Могут быть другие агрессивные примеси типа кислот, щелочей и различного вида солей (среднеагрессивная)
Южная приморская станция, г. Батуми, поб. Черного моря (Б)	0,021	2,3	Субтропики. Высокая влажность. Рекордное количество дождей (слабоагрессивная)
Северная приморская станция, поб. Баренцева моря (С)		10–12	Холодный влажный климат. Сильный ветер с моря (среднеагрессивная)
Палуба научно-исследовательского судна (НИС). Экспедиции по Индийскому океану		> 50	Морские тропики. Высокая температура, попадание брызг морской воды (сильноагрессивная)

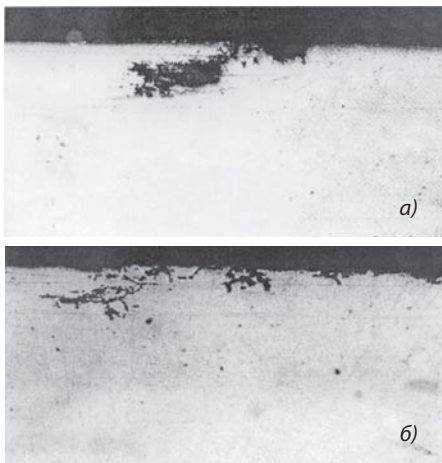


Фото 1. Характер коррозии профилей из сплава АД31 после 40 лет испытаний в промышленной атмосфере х 200: а) состояние Т, транскристаллитный питтинг; б) состояние Т1, межкристаллитный питтинг

ты, полученные за период > 45 лет, подтвердили этот эффект. Как показали электрохимические исследования, такое явление происходит из-за репассивации поверхности питтингов.

Из построенных на рис. 2 прогнозных линий видно, что, исходя из линейной зависимости, глубина питтинговой коррозии сплава АД31Т1 на промышленной станции «ВИЛСа» должна составлять 0,5 мм через 50 лет. С учетом электрохимического торможения после 10 лет она должна составить 0,26 мм, что полностью соответствует полученным в экспериментах данным.

При этом кинетика развития коррозии не зависит от характера распространения

путей коррозии в питтинге. Например, на сплаве АД31 в состоянии Т1 и Т вид коррозионных поражений заметно отличается (фото 1), тем не менее торможение процесса в обоих случаях было очевидным до полного прекращения роста коррозии в глубину. Таким образом, сплав АД31Т1 и алюминий имеют, по результатам длительных испытаний в соответствии с классификацией стандарта ГОСТ 52-72-50, высокую коррозионную стойкость и относятся к группе весьма стойких (2 балла) или совершенно стойких (1 балл).

Такой вывод убедительно подтверждается данными за 45 лет по потерям механических свойств, которые не превышали для АД31Т1, 6063Т6 и АД0 Н по прочности 5%, что находится в пределах разброса значений свойственного механическим испытаниям (табл. 2). Полученные результаты дают все основания полагать, что сплавы АД31Т1, 6063Т6 и алюминий АД0 Н можно широко применять практически в любых типичных атмосферных условиях без ограничений и в том числе без защиты продолжительностью более 50 лет.

По нашим и литературным данным [1, 2], контакт испытанных алюминиевых сплавов с нержавеющей сталью 12Х18Н10Т в чистой или промышленной атмосфере, а также на побережье Черного моря не опасен и практически не обнаруживается на испытанных образцах. Для усиления эффекта гальванической коррозии специально были проведены исследования сплава АД31Т1 в особо агрессивных условиях на палубе НИС.

Увеличение глубины питтинговой кор-

розии на сплаве АД31Т1 в контакте с аустенитной сталью достигает 40%. При этом максимальная глубина питтингов на расстоянии 7 мм от места контакта составляла не более 0,4 мм (табл. 3) и существенно не оказывала отрицательного влияния на прочность соединения.

Крепеж из стали 12Х18Н10Т за это время активно корродировал и покрывался ржавчиной. Внешний вид крепежа из титана практически не изменился.

## 2. Анализ коррозионного состояния строительных конструкций.

Анализировалось состояние 2-х зданий из алюминиевых сплавов. Первое проектировалось и монтировалось как здание КБ. Второе — производственное помещение для закалочных печей. Здание КБ эксплуатируется более 50 лет. Обшивка выполнена из листа толщиной 1,2 мм сплава АМц (табл. 4). По механическим свойствам это слабо нагартованный материал (возможно, при правке). Судя по уровню механических свойств, за 50 лет эксплуатации они не изменились. Характер коррозии — транскристаллитный питтинг максимальной глубиной 154 мкм. Силовой каркас изготовлен из профилей толщиной 2,7 мм. Профили близки по составу и по свойствам к АД31Т1. Характер коррозии — транскристаллитный питтинг с признаками межкристаллитной коррозии; максимальная глубина — 210 мкм. Как и для обшивки, механические свойства практически не изменились.

Здание закалки облицовано листом толщиной 0,8 мм из сплава АМг2 полунагартованного. Характер коррозии — транскристаллитный питтинг, ориентированный вдоль прокатки; максимальная глубина — до 140 мкм. При длительности эксплуатации более 55 лет механические свойства также практически не изменились. Коррозии в местах соединений не обнаружено.

Таким образом, установлена полная корреляция между длительными испытаниями образцов и анализом состояния строительных конструкций, работающих в тех же условиях — промышленной атмосфере средней агрессивности. Оба здания функционируют в настоящее время. ●

(Продолжение следует)

Материал статьи был представлен на международной конференции «Алюминий-21/Отделка и покрытия»

31 мая–2 июня 2011 г.

(организатор — «Алюсил-МВиТ»).

В. С. СИНЯВСКИЙ, д. т. н.,

В. Д. КАЛИНИН, к. т. н. (ОАО «ВИЛС»)

## Список литературы

1. Синявский В. С., Вальков В. Д., Калинин В. Д. «Коррозия и защита алюминиевых сплавов». — М.: «Металлургия», 1986 г.

2. Розенфельд И. А. «Коррозия и защита металлов». — М.: «Металлургия», 1969 г.

Табл. 2. Изменение механических свойств профилей сплава АД31Т1 после испытаний в промышленной атмосфере «ВИЛС»

Длительность, годы	Состояние	Толщина, мм	Исходные после 10 лет хранения в помещении			После испытаний			Абсолютные потери			Относительные потери		
			σв, кгс/мм <sup>2</sup>	σ0,2, кгс/мм <sup>2</sup>	δ, %	σ <sub>р</sub> , кгс/мм <sup>2</sup>	σ0,2, кгс/мм <sup>2</sup>	δ, %	Δσ <sub>в</sub> , кгс/мм <sup>2</sup>	Δσ0,2, кгс/мм <sup>2</sup>	Δδ, %	σв, %	σ <sub>р</sub> , 0,2, %	δ, %
45	Т1	2	27,7	24,7	14,7	26,7	24,2	14,4	1	0,5	0,3	3,5	2	2
40	Т1	2,5	23,7	19,7	16,4	23,4	18,5	15	0	1,2	1,4	0	6	7

Табл. 3. Гальваническая (контактная) коррозия сплава АД31Т1

Контактирующий материал	Максимальная глубина вне контакта, мм h <sub>в</sub>	Максимальная глубина в контакте, мм h <sub>к</sub>	h <sub>в</sub> /h <sub>к</sub>
12Х18Н10Т		0,4	1,4
Титан		0,32	1,1
АД0 Н		0,32	1,1
АД31Т1	0,29		

Табл. 4. Коррозионные и механические характеристики эксплуатируемых строительных конструкций

Сплавы, полуфабрикаты	Максимальная глубина, мкм	Механические свойства после эксплуатации			Характер коррозии
		кгс/мм	σ0,2, кгс/мм	δ, %	
АМцМ, лист толщ. 1,2 мм	154	11,6	9,7	16	Транскристаллитный питтинг
АД31Т1, профиль толщ. 2,7 мм	210	26,8	18,1	12,7	Транскристаллитный питтинг с признаками МКК
АМг2Н, лист толщ. 0,8 мм	140	25,5	21,5	5,4	Транскристаллитный питтинг