

УДК 621.785.539

АТМОСФЕРОСТОЙКОСТЬ УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ С КОМПЛЕКСНЫМИ АЛЮМОЦИНКОВЫМИ ПОКРЫТИЯМИ

Басалай И.А.

Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Республика Беларусь

В работе изучена возможность повышения стойкости к атмосферной коррозии углеродистых сталей с алюмоцинковыми покрытиями, полученными при последовательном проведении процессов алитирования и цинкования.

Ключевые слова: атмосферная коррозия, атмосферостойкость, защитные покрытия, алитирование, цинкование.

WEATHERABILITY OF CARBON STEELS WITH COMPLEX ALYUMOTSINKOVY COATINGS

Basalai I.A.

The possibility of increase in resistance to atmospheric corrosion of carbon steels with the alyuminotsinkovy coverings received at serial carrying out processes of alitizing and zinc plating is studied.

Keywords: atmospheric corrosion, weatherability, protective coating, alitizing, zinc plating.

Введение. Во многих случаях задача повышения коррозионной стойкости металлических материалов, причем с минимальными материальными затратами, может быть решена путем нанесения защитных антикоррозионных покрытий, в том числе и диффузионных.

Из известных способов получения диффузионных защитных покрытий для мелкомерных и сложных по конфигурации деталей часто единственно пригодным является покрытие, полученное с использованием порошковых насыщающих сред. Применение этого способа обусловлено простотой осуществления технологического процесса, отсутствием необходимости создания дорогостоящей технологической оснастки и возможностью многократного использования насыщающих сред.

Среди различных типов диффузионных покрытий особое место занимают цинкидные и алюминидные покрытия. Высокая защитная способность покрытий на основе алюминия и цинка в условиях атмосферной коррозии обуславливает их применение для механического и электрохимического предохранения стальных изделий. В современных условиях эксплуатации стальных изделий в связи с нарастанием агрессивности окружающей среды эти виды покрытий уже не обеспечивают надежной защиты от коррозии. Существующие в настоящее время многочисленные разработки в области получения защитных покрытий в ряде случаев не удовлетворяют возрастающим требованиям качества поверхности при работе в агрессивных условиях химических производств, что в свою очередь требует разработки новых более совершенных защитных покрытий.

Одним из способов решения этой проблемы является создание на поверхности материалов нового комплекса свойств уже известных защитных покрытий путем их легирования.

Цель работы – исследование возможности повышения стойкости к атмосферной коррозии углеродистых сталей с алюмоцинковыми покрытиями, полученными при последовательном проведении процессов алитирования и цинкования.

В литературе имеется информация о коррозионных испытаниях стальных изделий, обработанных в Zn-Al расплавах, проведенных в солевом тумане, а также в различных атмосферных условиях. Испытания в солевом тумане, морской, сельской и промышленной атмосферах показывают, что стойкость такого покрытия в 1,8, 3-4, 2-3, 5-6 раз соответственно выше коррозионной стойкости обычного цинкидного покрытия [1], а в ряде случаев и алюминидного [2].

Методика проведения исследований. Предварительное алитирование осуществляли при 800 и 850°C в течение 4 ч. Насыщение проводили в алитирующей смеси на основе ферроалюминия (99% ферроалюминия + 1% NH_4Cl) с различным содержанием алюминия 10, 20, 30, 40 и 50 %. Последующее цинкование осуществляли при 450 и 500°C в течение 4 ч в смеси следующего состава: 50% Zn + 45% Al_2O_3 + 4% MgO + 1% LiF. Температурный режим обработки выбран на основе результатов предварительного эксперимента, которые показали, что:

- алитирование при 800 и 850°C обеспечивает получение алюминидных слоев достаточной толщины и не отличающихся по фазовому составу. Повышение температуры алитирования до 900°C сопровождается появлением в диффузионном слое зоны пористости, что отрицательно сказывается на коррозионной стойкости полученных покрытий;

- при последующем цинковании в температурном интервале 400-500°C поверхность изделий осталась гладкой, блестящей, как и после первой стадии обработки (алитирования). Повышение температуры цинкования до 550°C приводит к снижению качества поверхности обработанных изделий.

Обработка по указанным режимам приводит к получению диффузионных алюмоцинкидных слоев, которые по толщине в основном аналогичны диффузионным алюминидным слоям, полученным на первой стадии обработки.

Сравнительную оценку коррозионной стойкости покрытий с целью изыскания наиболее перспективных режимов обработки проводили ускоренными методами в разных средах, имитирующих атмосферную коррозию. Коррозионную стойкость исследовали путем периодического погружения (3%-й раствор NaCl – воздух). Коррозионную стойкость оценивали по времени до образования следов ржавчины на 50% площади поверхности образцов. Скорость коррозии оценивали также гравиметрическим методом (г/м^2 сутки) после 21 суток испытаний.

Результаты исследований и их обсуждение. Сравнительные испытания коррозионной стойкости проведены для всех видов исследуемых покрытий, в том числе и чисто алюминидных слоев и цинкидного покрытия, полученного при 500°C, обладающего наибольшей коррозионной стойкостью среди "чисто" цинкидных покрытий.

Показано, что во всех случаях последующее цинкование повышает коррозионную стойкость алюминидных покрытий, причем этот эффект возрастает по мере увеличения содержания алюминия в насыщающей среде. Результаты испытаний приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительная оценка коррозионной стойкости стали 10 с диффузионными покрытиями при периодическом погружении

Вид покрытия	Время до образования ржавчины, ч				
	Содержание Al в ферроалюминии, %				
	10	20	30	40	50
Алитирование при температуре: 800°C 850°C 900°C	5	5	20	20	20
	6	10	35	24	35
	5	20	24	25	30
Алитирование (T _{нас} = 850°C) с последующим цинкованием 400°C 450°C 500°C	20	55	140	110	120
	20	60	180	185	180
	24	60	210	210	210

Время до образования ржавчины при испытаниях стали 10 без покрытия и с цинковым покрытием, полученном при 500°C составило соответственно 4 и 10 ч. В связи с интенсивностью протекания коррозии указанные образцы сняты с испытаний через 3 суток.

Скорость коррозии алюминидного покрытия, полученного при 850°C в смеси с 50%-ным ферроалюминием составляет 1,12 г/м² сутки, последующее цинкование при 500°C после алитирования по этому же режиму уменьшает скорость коррозии до 0,19 г/м² сутки. При проведении процесса алитирования в смеси с низким содержанием алюминия (с 20%-ным ферроалюминием) последующее цинкование при 500°C уменьшает скорость коррозии лишь в 2 раза.

Повышение температуры последующего цинкования после алитирования в одной и той же смеси незначительно влияет на коррозионную стойкость полученных комплексных слоев. Так, повышение температуры последующего цинкования от 450 до 500°C уменьшает скорость коррозии алюминидного покрытия, полученного при использовании смеси с 30%-ным ферроалюминием от 0,24 до 0,18 г/м² сутки соответственно.

Высокая коррозионная стойкость алюмоцинкидных слоев объясняется легированием алюминидного слоя цинком. В результате последующего цинкования при 500°C алюминидные покрытия, полученные при 800 и 850°C в алитирующих смесях с различным содержанием алюминия, легируются цинком (легируется преимущественно фаза FeAl). Уменьшение скорости коррозии с повышением температуры цинкования при одинаковых условиях предварительного алитирования, связано, вероятнее всего, с незначительным увеличением содержания цинка в слое.

Низкая коррозионная стойкость покрытия, полученного в смеси с 10%-ным ферроалюминием с последующим цинкованием объясняется осаждением тонкого слоя 5-7 мкм почти чистого цинка на поверхности и очень низкого содержания цинка и алюминия в диффузионном слое (3 и 11% соответственно). Общая характеристика внешнего вида покрытий после 21 суток испытаний представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Характеристика внешнего вида образцов с покрытиями после испытаний

Процесс	Режим ХТО		Содержание Al в ферроалюминии, %	Характеристика поверхности
	t, °C	τ, ч		
Алитирование	850	4	50	Сплошной слой бурой ржавчины
Цинкование	500	4	-	Продукты коррозии цинка в виде пятен, неглубоких каверн; сильное потемнение.
Алитирование + цинкование	850	4	10-20	Тонкий налет бело-серых продуктов коррозии; незначительное потемнение
	450	4		
Алитирование + цинкование	850	4	30-50	Появление незначительных очагов коррозии
	450	4		

Выводы. Проведенные исследования позволили установить, что для изделий, работающих в условиях атмосферной коррозии, целесообразно использовать покрытия, полученные в результате алитирования при 850°C в смеси на основе 30-50%-ного ферроалюминия с последующим цинкованием при 450°C. Полученное по этому режиму алюмоцинкидное покрытие более коррозионностойкое, чем цинкидное или алюминидное в 9 и 5 раз соответственно.

Список литературы

1. Goward G.W., Cannon L.W. Pack Cementation Coating for Superalloys: a Review of History, Theory and Practice // Transactions of the ASME. – 1988. - Vol.110, № 1. – P. 150-154.
2. Townsend H.E. and Meitzner C.F. Corrosion resistance of Zn-4%Al and Zn-7%Al alloy coating compared to Zn and Zn-54%Al alloy coatings. - Materials Performance. - 1983, v. 22, № 1, p. 54-55.