

## Изучение возможности использования цинксодержащих отходов для получения цинковых покрытий методом термодиффузионного цинкования

Урбанович Н.И., Барановский К.Э., Розенберг Е.В., Волосатиков В.И.  
Белорусский национальный технический университет

Коррозия металлических изделий представляет серьезную проблему, поскольку наносит значительный экономический и экологический ущерб национальным экономикам. Цинковые покрытия – один из самых распространенных методов защиты стали от коррозии. Среди множества способов формирования цинковых покрытий на сталях основными являются: горячее, гальваническое, холодное и диффузионное цинкование. В качестве цинкового компонента, используемого для получения цинковых покрытий методом термодиффузионного цинкования, применяют цинковый порошок, который производится в России, а также в дальнем зарубежье. Следует отметить, что существующие в настоящий момент технологии горячего цинкования приводят к накоплению в больших количествах цинксодержащих отходов. Так, например, в Республике Беларусь существуют производства горячего цинкования, в частности, ОАО «Речицкий метизный завод», на котором кроме изгари и гартцинка образуется ещё в количестве около 100 т в год дисперсный цинксодержащий отход в виде порошка при цинковании труб и последующей их паровой обдувке. В связи с этим возникла необходимость в переработке образующихся цинксодержащих отходов или их рециклинге в промышленный оборот.

Представляет интерес изучение возможности использования данного отхода в составе порошковой композиции в качестве цинксодержащего компонента для получения цинкового покрытия, что позволит снизить стоимость оцинкованных изделий и обеспечить рециклинг цинка в промышленный оборот.

Исследования выполнялись на стали Ст3, содержащей 0,14-0,22 % С; 0,07 % Si; 0,30-0,60 % Mn; S – не более 0,04 %; P – не более 0,05 %. Исходными компонентами для диффузионного цинкования являлись порошок цинка марки ПЦР-6 (ГОСТ 12601-67) зернистостью  $\leq 180$  мкм; оксид алюминия (МРТУ 6-09-2046-64) зернистостью 80-63 мкм; цинковая пыль фракцией  $\leq 250$  мкм; хлористый аммоний (ГОСТ 3773-60).

Составы насыщающих сред и условия получения покрытий приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Составы насыщающих сред и условия получения покрытий

№ п/п	Массовая доля компонентов в насыщающих средах, %	Условия ХТО	
		t °С	$\tau$ , ч
1	50 % порошок цинка (ПЦР-6) + 50 % Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + 2 % NH <sub>4</sub> Cl	450	4
2	50 % цинковая пыль + 50 % Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + 2% NH <sub>4</sub> Cl	450	4

Схема упаковки стальных образцов в контейнере для проведения термодиффузионного насыщения приведена на рисунке 1.

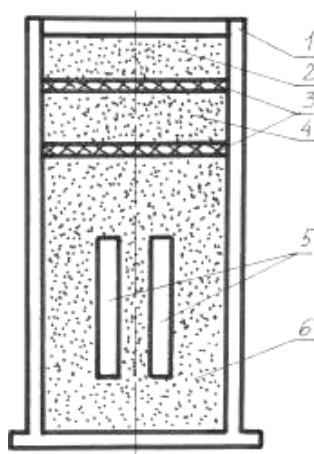


Рисунок 1 – Схема упакованного контейнера с плавким затвором:  
 1 – контейнер; 2 – плавкий затвор; 3 – асбест; 4 – песок; 5 – образцы;  
 6 – насыщающая смесь

Взвешивание в требуемом соотношении производили на электронных весах Skout Pro - 2000г. Для микроструктурных исследований использовали образцы размерами 30 x 15 x 3 мм. Образцы, очищенные от загрязнений и обезжиренные, упаковывали со смесью в металлический контейнер, изготовленный из углеродистой стали. Для наведения плавкого затвора, толщина которого составляла около 10мм, использовали борный ангидрид.

С целью получения сравнимых между собой экспериментальных данных диффузионная обработка образцов проводилась при одинаковом их расположении в контейнере. Упакованный контейнер загружали в электрическую муфельную печь шахтного типа, разогретую до требуемой температуры. После проведения процесса диффузионного насыщения контейнер выгружали из печи, охлаждали на воздухе до комнатной температуры и распаковывали.

На рисунке 2 представлен внешний вид образцов после термодиффузионного цинкования.

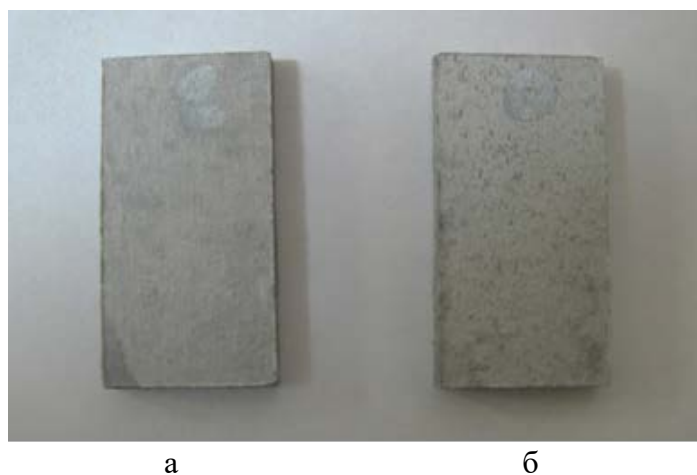


Рисунок 2 – Внешний вид образцов после цинкования:  
 а – в цинковой пыли; б – порошковом цинке марки ПЦР- б

Следует отметить, что цинковые покрытия на образцах имеют одинаковый светло-серый цвет.

Анализ микроструктуры диффузионных слоев проводили при увеличении  $\times 500$  на поперечных шлифах после их травления с использованием поста микроконтроля МК – 1 на базе

микроскопа МИ – 1 и программы обеспечения SIAMS 800. Для выявления структуры диффузионных цинковых слоев использовали реактив «ниталь», состоящий: 4 мл  $\text{HNO}_3$  + 100 мл этиловый спирт. Микроструктура цинкового слоя данного образца представлена на рисунке 3.

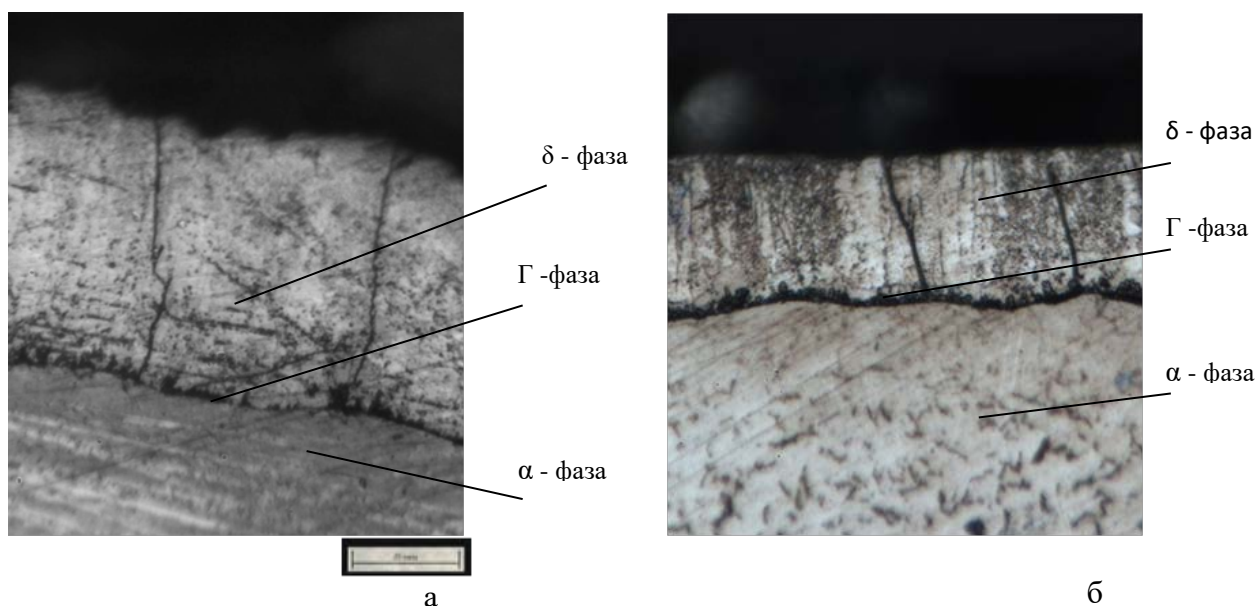


Рисунок 3 – Микроструктура цинкового слоя полученного в насыщающих средах:  
а – 50 % порошковый цинк марки ПЦР- 6 +50 %  $\text{Al}_2\text{O}_3$  + 2 %  $\text{NH}_4\text{Cl}$  ;  
б – 50 % цинковая пыль + 50 %  $\text{Al}_2\text{O}_3$  + 2 %  $\text{NH}_4\text{Cl}$

Анализ микроструктуры показал, что цинковое покрытие состоит из наружного светлого слоя – ( $\delta$  – фаза), примыкающего к нему тёмного слоя – ( $\Gamma$  - фаза) и переходной зоны, являющейся частью основного металла – ( $\alpha$  - фаза). При этом толщина светлого слоя покрытия, полученного на основе порошкового цинка, составляет, примерно, 50 – 60 мкм, а темного – 2 - 5 мкм. У покрытия, полученного на основе цинковой пыли, толщины светлого и темного слоев соответственно составляют 40 – 50 мкм и 3 – 5 мкм.

Следует отметить, что согласно исследованиям многих авторов, цинковые слои, нанесённые в порошковых средах методом термодиффузионного насыщения, состоят в основном из  $\Gamma$  и  $\delta$  – фаз. Для выявления субструктуры цинковых слоёв в дальнейшем в работе планируется использовать другой реактив.

Таким образом, показано, что при термодиффузионном цинковании стальных образцов при температуре  $450\text{ }^\circ\text{C}$  в течение 4 часов на основе системы: цинковая пыль -  $\text{Al}_2\text{O}_3$  формирующиеся слои покрытия состоят из  $\Gamma$  и  $\delta$  – фаз, которые характерны и для цинковых слоёв в порошковых средах на основе системы стандартный порошковый цинк -  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .