

РЕЦИКЛИНГ ЦИНКСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ ПОСЛЕ ГОРЯЧЕГО ЦИНКОВАНИЯ ДЛЯ ТЕРМОДИФфуЗИОННОГО НАСЫЩЕНИЯ СТАЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ

**Н. И. Урбанович, В. М. Константинов,
И. А. Басалай, Д. В. Гегеня**

*Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь,
тел.: (+375 17) 331-25-48*

Цинкование благодаря хорошим защитным свойствам цинка и его относительно низкой стоимости по сравнению с другими цветными металлами является наиболее распространенным способом защиты от коррозии стальных изделий. Существующие в настоящий момент технологии цинкования приводят к накоплению в больших количествах цинксодержащих отходов. Например, в процессе горячего цинкования на Речицком метизном заводе образуется ежегодно порядка 120 т гартцинка. В связи с этим возникла необходимость в переработке образующихся цинксодержащих отходов или их рециклинге в промышленный оборот. Решение задачи рециклинга цинксодержащих отходов в промышленный оборот особенно актуально для Беларуси, так как в республике нет источников сырья для производства цинка и предприятия вынуждены тратить на его закупку валютные средства.

Следует отметить, что из цинковых покрытий наилучшими антикоррозионными свойствами обладают покрытия, полученные термодиффузионным способом в порошковых средах. Они хорошо выдерживают механические нагрузки, устойчивы к воздействию высоких температур [1].

Целью данной работы являлось исследование возможности использования гартцинка в составе порошковой композиции вместо порошка чистого цинка для получения цинкового покрытия с использованием диффузионного насыщения и таким образом рециклинге данного отхода в промышленный оборот.



Рис. 1. Внешний вид слитка из гартцинка

Гартцинк представляет собой кусковой материал в виде слитка, имеющего форму полости изложницы, в которую размещают кашеобразную массу гартцинка – отхода после горячего цинкования. На рис. 1 представлен внешний вид слитка из гартцинка.

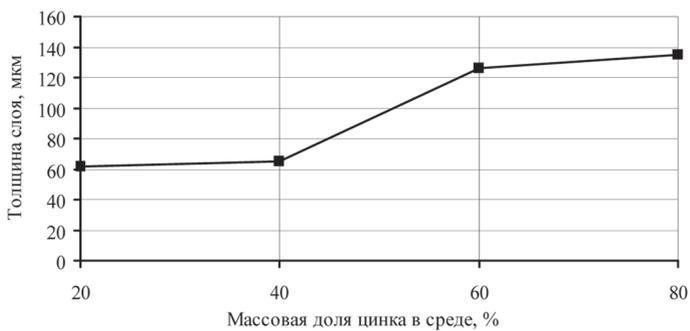
Результаты фазового и химического анализа гартцинка показали, что он представляет собой конгломерат сложных интерметаллидных соединений, в котором присутствуют соединения железа с цинком ($\text{Fe}_3\text{Zn}_{10}$, $\text{FeZn}_{10,98}$, FeZn_{15} , $\text{Fe}_{11}\text{Zn}_{40}$), железа с цинком и алюминием ($\text{Al}_{15}\text{Zn}_2\text{Fe}_{0,4}$, $\text{Al}_{13}\text{Fe}_4$), в небольшом количестве оксида цинка (ZnO) и чистого цинка, при этом доля цинка составляет ориентировочно 86%.

Для проведения исследований по оптимизации состава порошковой композиции, технологических параметров термодиффузионного цинкования осуществляли размол гартцинка. Фракционный состав, полученного порошка, представлен в таблице.

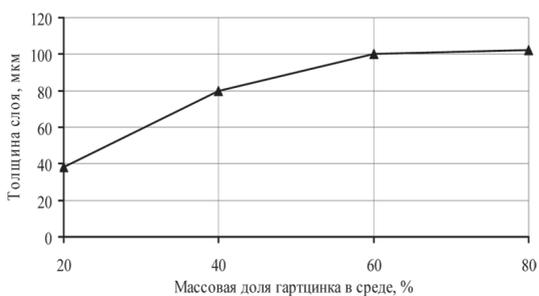
Фракционный состав порошка из гартцинка

Размер, мм	$\geq 0,315$	0,315–0,160	0,160–0,063	$\leq 0,063$
Количество, мас. %	0,1	2,8	20,4	76,7

В качестве насыщающих сред для термодиффузионного цинкования стальных образцов использовали систему гартцинк – Al_2O_3 и для сравнения хорошо изученную различными авторами [2,3] систему $\text{Zn}-\text{Al}_2\text{O}_3$. Количество порошка гартцинка и цинка в насыщающих средах изменялось от 20 до 80 мас. % и составляло 20, 40, 60 и 80 %. В качестве активатора использовали хлористый аммоний NH_4Cl в количестве 1 мас. %. Процесс насыщения осуществляли в контейнере с плавким затвором в течение 4 ч при температуре 450 °С. На рис. 2, 3 представлены



а



б

Рис. 2. Влияние цинка и гартцинка в насыщающей смеси на толщину диффузионного цинкового слоя на стали Ст3 при температуре обработки 450 °С:
а – влияние цинка; *б* – влияние гартцинка

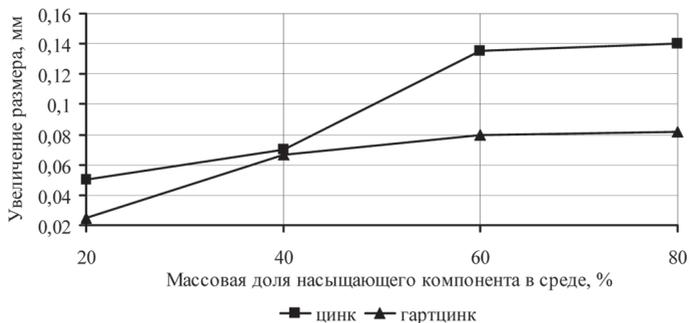


Рис. 3. Влияние состава насыщающей смеси на изменение размеров образцов после диффузионного цинкования стали Ст3 при температуре обработки 450°С

зависимости влияния насыщающих сред $Zn - Al_2O_3$ и гартцинк – Al_2O_3 на толщину цинкового покрытия и на изменение размеров образцов.

Установлено, что скорость насыщения покрытия при диффузионном цинковании в смесях гартцинк – Al_2O_3 сопоставимо со скоростью насыщения диффузионных покрытий, полученных в насыщающих смесях $Zn - Al_2O_3$. При этом формирование слоя в насыщающих смесях с гартцинком идет внутрь образца, что весьма важно для сохранения геометрических размеров, особенно для резьбовых поверхностей.

Микроструктурный анализ полученных слоев (рис. 4) в смесях, содержащих 40 мас. % цинка и соответственно гартцинка, показал, что слои состоят в основном из γ , δ , ξ -фаз. Следует отметить, что рост цинкового слоя в порошковой среде $Zn - Al_2O_3$ происходит за счет роста столбчатых кристаллов δ -фазы, а в среде гартцинк – Al_2O_3 δ -фаза имеет мелкокристаллическую структуру, которая является наиболее благоприятной и способствует повышению защитных свойств цинковых покрытий [4].

На рис. 5 представлены зависимости изменений микротвердости по толщине цинкового слоя, анализ которых показал, что микротвердость слоя, полученного в системе гартцинк – Al_2O_3 , несколько выше по всей его толщине и ее изменения носят более плавный характер.

Исследование характера распределения цинка и железа по толщине цинкидных слоев показало, что изменение concentra-

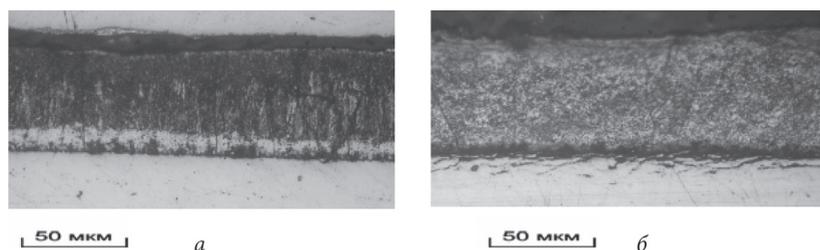
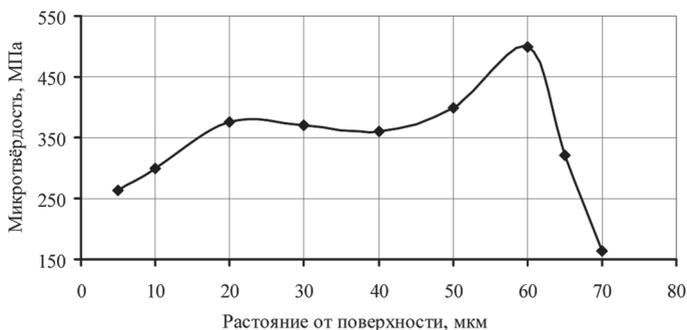
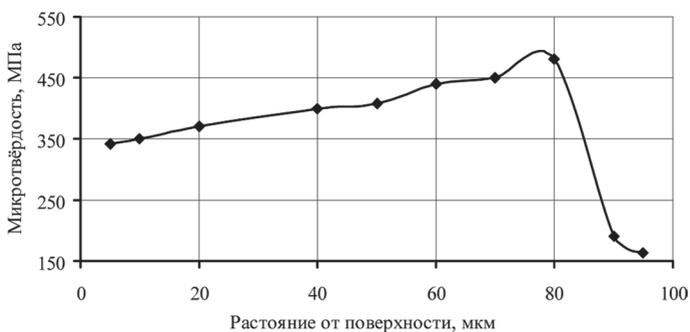


Рис. 4. Микроструктура диффузионного цинкового покрытия: *a* – полученного в системе $Zn - Al_2O_3$, $\times 200$; *б* – полученного в системе гартцинк – Al_2O_3 , $\times 200$



а



б

Рис. 5. Характер распределения микротвёрдости по толщине слоя, полученного при термодиффузионном цинковании: *а* – в системе цинк – Al_2O_3 ; *б* – в системе гартцинк – Al_2O_3

ции железа и цинка у покрытия, полученного в порошковой среде с гартцинком носит более плавный характер, чем у покрытия, полученного в среде с цинком. Это способствует получению равномерной структуры и увеличению прочности сцепления послойных фаз друг к другу.

Результаты работы опробованы в филиале «Опытно-механический завод» (г. Фаниполь). Выпущена экспериментальная партия оцинкованных изделий, анализ цинкового покрытия которых по толщине слоя, цвету, свинчиваемости резьбовых соединений позволил установить возможность и эффективность

использования гартцинка в качестве дешевого заменителя чистого цинка в составе порошковой композиции для термодиффузионного цинкования.

Литература

1. *Исакаев, Э. Х.* Расширение технологических возможностей способа термодиффузионного цинкования / Э. Х. Исакаев, В. Б. Мордынский, Н. О. Спектор // Свароч. пр-во. – 2009. – № 7. – С. 46–50.
2. *Химико-термическая обработка металлов и сплавов: справочник* / под ред. Л. С. Ляховича. – М.: Металлургия, 1981. – 424 с.
3. *Проскуркин, Е. В.* Диффузионные цинковые покрытия / Е. В. Проскуркин, Н. С. Горбунов. – М.: Металлургия, 1972. – С. 248.
4. *Гончаревский, М. С.* Влияние технологии цинкования на структуру и прочность термодиффузионных железцинковых покрытий / М. С. Гончаревский, И. С. Хитрик, Л. П. Щесно // Производство труб. – М., 1963. – Вып. 9. – С. 121–126.

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РАВНОВЕСИЯ ЖИДКОСТЬ – ПАР В БИНАРНЫХ СИСТЕМАХ АЛКИЛОВ ГАЛЛИЯ, ИНДИЯ И АЛЮМИНИЯ

И. Н. Черняк¹, А. К. Баев²

*¹Институт порошковой металлургии, Минск, Беларусь,
тел.: 293-98-58, 237-32-04, e-mail: nil23niipm@tut.by*

*²Международный экологический университет
им. А. Д. Сахарова, Минск, Беларусь*

Цель работы – определить термодинамические характеристики равновесия жидкость–пар в бинарных системах алкилов галлия, индия, алюминия и рассмотреть межмолекулярные специфические взаимодействия в растворах систем.

Термодинамические исследования алкильных соединений элементов подгруппы алюминия, стимулированные синтезом особо чистых веществ для получения пленок полупроводниковых материалов с особыми свойствами посредством разложения эле-