



<https://doi.org/10.21122/1683-6065-2023-2-107-110>
УДК 621.74

Поступила 18.04.2023
Received 18.04.2023

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СОСТАВА НАСЫЩАЮЩИХ СМЕСЕЙ СО СТАНДАРТНЫМ ЦИНКОВЫМ ПОРОШКОМ И ЦИНКОВОЙ ПЫЛЬЮ НА ИЗМЕНЕНИЕ РАЗМЕРОВ И МАССЫ СТАЛЬНЫХ ОБРАЗЦОВ ПРИ ТЕРМОДИФФУЗИОННОМ ИХ ЦИНКОВАНИИ

Н. И. УРБАНОВИЧ, К. Э. БАРАНОВСКИЙ, Т. И. БЕНДИК, Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Беларусь, пр. Независимости, 65. E-mail: urbanovichbntu@tut.by
В. А. АШУЙКО, В. Г. МАТЫС, Белорусский государственный технологический университет, г. Минск, Беларусь, ул. Свердлова, 13 а

Исследовано в лабораторных условиях влияние состава насыщающих смесей со стандартным цинковым порошком и цинковой пылью на изменение размеров и массы образцов. Показано, что с увеличением количества цинкового компонента в составе насыщающей смеси в виде порошкового цинка (Zn_{cm}) или отхода горячего цинкования – цинковой пыли (Zn_{omx}) толщина цинкуемого изделия также возрастает. Полученные графические зависимости роста толщины образцов от количества цинковых компонентов носят одинаковый характер изменения. Показано также, что с увеличением цинкового компонента в составе насыщающей смеси в виде порошкового цинка (Zn_{cm}) или отхода горячего цинкования – цинковой пыли (Zn_{omx}) возрастает и масса цинкуемого изделия. Графические зависимости роста их массы от количества разных цинковых компонентов носят также одинаковый характер изменения.

Установлено, что наиболее интенсивный характер роста значений размера и массы изделия наблюдается при содержании в смеси цинкосоудержающего компонента более 60% для обеих насыщающих сред, будь то в среде $Zn_{cm}-Al_2O_3$ или $Zn_{omx}-Al_2O_3$. При этом большие значения размеров и массы имеют изделия, цинкуемые в насыщающей среде $Zn_{cm}-Al_2O_3$.

Ключевые слова. Термодиффузионное цинкование, покрытие, цинковая пыль.

Для цитирования. Урбанович, Н. И. Исследование влияния состава насыщающих смесей со стандартным цинковым порошком и цинковой пылью на изменение размеров и массы стальных образцов при термодиффузионном их цинковании / Н. И. Урбанович, К. Э. Барановский, Т. И. Бендик, В. А. Ашуйко, В. Г. Матыс // Литие и металлургия. 2023. № 2. С. 107–110. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2023-2-107-110>.

STUDY OF THE INFLUENCE OF THE COMPOSITION OF SATURATING MIXTURES WITH STANDARD ZINC POWDER AND ZINC DUST ON CHANGES IN THE SIZES AND MASS OF STEEL SPECIMENS DURING THEIR THERMAL DIFFUSION ZINC COATING

N. I. URBANOVICH, K. E. BARANOVSKY, T. I. BENDIK, Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus, 65, Nezavisimosti ave. E-mail: urbanovichbntu@tut.by
V. A. ASHUYKO, V. G. MATYS, Belarusian State Technological University, Minsk, Belarus, 13, Sverdlova str.

The influence of the composition of saturating mixtures with standard zinc powder and zinc dust on the change in the size and weight of the samples was studied under laboratory conditions. It is shown that with an increase in the amount of the zinc component in the composition of the saturating mixture in the form of zinc powder (Zn_{st}) or hot-dip galvanizing waste-zinc dust (Zn_{otx}), the thickness of the galvanized product also increases. The obtained graphic dependences of the growth of the thickness of the samples on the amount of zinc components have the same pattern of change. It is also shown that with an increase in the zinc component in the composition of the saturating mixture in the form of zinc powder (Zn_{st}) or hot-dip galvanizing waste – zinc dust (Zn_{otx}), the mass of the galvanized product also increases. The graphic dependences of the growth of their mass on the amount of different zinc components also have the same character of change.

It has been established that the most intensive character of the growth in the values of the size and mass of the product is observed when the content of the zinc-containing component in the mixture is more than 60% for both saturating media, whether in the $Zn_{st}-Al_2O_3$ or $Zn_{otx}-Al_2O_3$ medium. At the same time, products galvanized in a saturating $Zn_{st}-Al_2O_3$ medium have large dimensions and masses.

Keywords. Thermal diffusion zinc plating, coating, zinc dust.

For citation. Urbanovich N. I., Baranovsky K. E., Bendik T. I., Ashuyko V. A., Matys V. G. Study of the influence of the composition of saturating mixtures with standard zinc powder and zinc dust on changes in the sizes and mass of steel specimens during their thermal diffusion zinc coating. Foundry production and metallurgy, 2023, no. 2, pp. 107–110. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2023-2-107-110>.

Существующие в настоящий момент технологии горячего цинкования приводят к накоплению в больших количествах цинксодержащих отходов. Основными отходами производства горячего цинкования являются изгарь и гартцинк. В Республике Беларусь существуют производства горячего цинкования, на которых, кроме изгари и гартцинка, образуется еще в количестве около 100 т в год цинксодержащий отход в виде порошка при цинковании труб и последующей их паровой обдувке [1]. Проведенные исследования гранулометрического состава отхода горячего цинкования, образованного после продувки труб – цинковой пыли, показали, что ее гранулометрический состав в размерном диапазоне частиц ≤ 250 мкм, доля которого составляет 87 мас.%, соответствует фракционному составу стандартного порошкового цинка. Исследования химического и фазового составов отхода позволили установить, что по содержанию цинка он примерно соответствует порошковому цинку (ГОСТ 12601) [2].

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.

В работе [3] приведены результаты исследований, позволившие установить принципиальную возможность применения отхода горячего цинкования, образованного при обдувке оцинкованных труб, в насыщающих смесях для термодиффузионного цинкования. Целью настоящей работы является исследование в лабораторных условиях влияния состава насыщающих смесей со стандартным цинковым порошком и цинковой пылью на изменение размеров и массы образцов.

Углеродистые и низколегированные стали – распространенные материалы для изготовления деталей машин, строительных конструкций, а также крепежных изделий.

Как следует из литературы, содержание углерода в стали до 0,4%, никеля и хрома до 1,5%, меди и молибдена до 0,5% практически не влияет на толщину и структуру диффузионных цинковых покрытий, полученных в порошковых смесях. Поэтому толщина и структура диффузионного цинкового покрытия, а также внешний вид поверхности для низкоуглеродистых сталей, оцинкованных при одинаковых режимах, аналогичны.

Исследования выполняли на образцах размерами 30x15x3 мм из стали марки 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 ≤ 180 мкм; оксид алюминия (МРТУ 6-09-2046-64) зернистостью 80–63 мкм; цинковая пыль фракцией ≤ 250 мкм; хлористый аммоний (ГОСТ 3773-60). Составы насыщающих сред и условия получения покрытий приведены в таблице.

Составы насыщающих сред и условия получения покрытий

Массовая доля компонентов в насыщающих средах, %	Условия ХТО	
	T, °C	τ , ч
$x\%$ цинковая пыль + $(99-x)\%$ Al_2O_3 + 1% NH_4Cl $x=20, 40, 60, 80$	450	4
$x\%$ Zn + $(99-x)\%$ Al_2O_3 + 1% NH_4Cl $x=20, 40, 60, 80$	450	4

Образцы, очищенные от загрязнений и обезжиренные, упаковывали со смесью в металлический контейнер, изготовленный из углеродистой стали. Для наведения плавкого затвора, толщина которого составляла около 10 мм, использовали борный ангидрид.

Для получения сравнимых между собой экспериментальных данных диффузионную обработку проводили при одинаковом расположении образцов 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 рис. 1 представлены образцы с цинксодержащим покрытием, полученным методом термодиффузионного цинкования.

Из рисунка видно, что цинковые покрытия на образцах имеют одинаковый светло-серый цвет.

На рис. 2, 3 показаны зависимости влияния насыщающих сред $Zn_{ст}-Al_2O_3$ и цинковой пыли ($Zn_{отх}$)- Al_2O_3 на изменение размеров и массы образцов соответственно.

Анализ зависимостей показал, что для насыщающей среды $Zn_{ст}-Al_2O_3$ с повышением количества стандартного порошкового цинка в смеси увеличиваются значения размеров толщины образца. Причем наиболее интенсивный рост размеров наблюдается у образцов, процесс насыщения которых проводили

в смесях, содержащих от 20 до 40% и от 60 до 80% цинка. В случае насыщения в смесях, содержащих в качестве цинкового компонента отход горячего цинкования – цинковую пыль, закономерность по увеличению размеров и характер зависимости сохраняются.

Увеличение количества цинкосодержащего насыщающего компонента в смесях приводит и к росту массы образцов от 0,031 до 0,106 г/см² в системе Zn_{ст}-Al₂O₃ и от 0,027 до 0,09 г/см² в системе цинковая пыль (Zn_{отх}) - Al₂O₃ (рис. 3).



Рис. 1. Внешний вид образцов после термодиффузионного цинкования

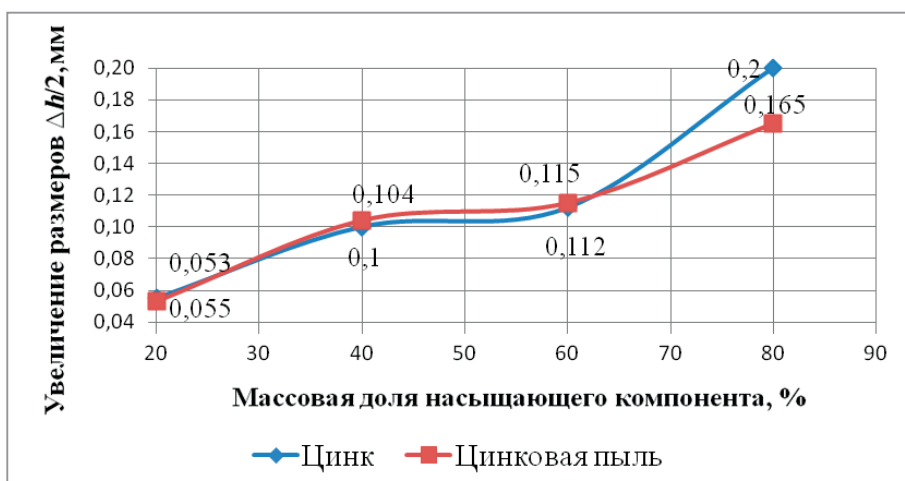


Рис. 2. Влияние количества цинка и цинковой пыли в насыщающей смеси на изменение размеров образцов из стали марки Ст3 после диффузионного цинкования при температуре обработки 450 °С

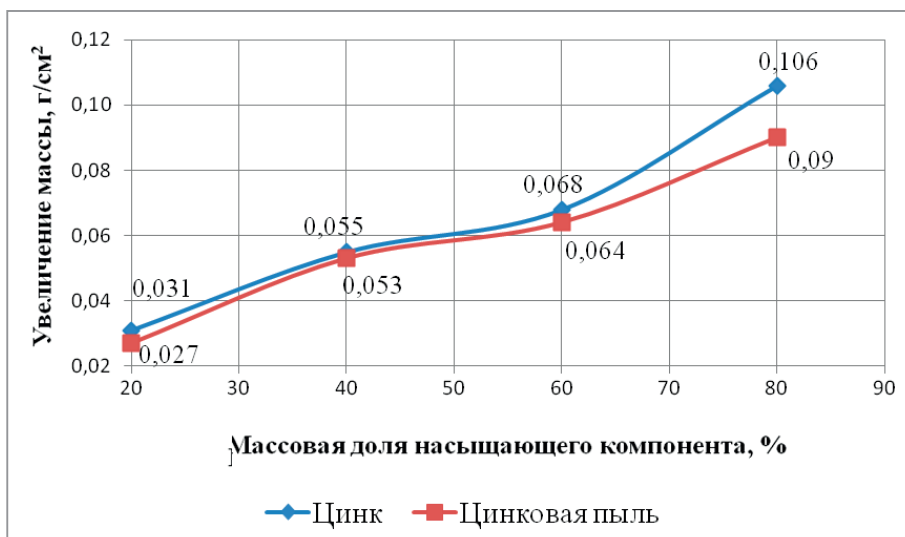


Рис. 3. Влияние количества цинка и цинковой пыли в насыщающей смеси на изменение массы образцов из стали марки Ст3 после диффузионного цинкования при температуре обработки 450 °С

Следует отметить, что при осуществлении термодиффузионного цинкования в системе $Zn_{ст}-Al_2O_3$ с содержанием насыщающего компонента в количестве 80% наблюдалось спекание порошкового цинка (рис. 4).



Рис. 4. Внешний вид смеси, содержащей 80% $Zn_{ст}$ после проведения термодиффузионного цинкования стальных образцов при температуре 450 °С

После проведения цинкования в смеси, состоящей из 80% отхода горячего цинкования – цинковой пыли, спекания смеси не наблюдалось. При этом отсутствовало и налипание ее на поверхность образца после процесса термодиффузионного цинкования в отличие от смеси, состоящей из $Zn_{ст}-Al_2O_3$.

Выводы

Показано, что с увеличением количества цинкового компонента в составе насыщающей смеси в виде порошкового цинка ($Zn_{ст}$) или отхода горячего цинкования – цинковой пыли ($Zn_{отх}$) толщина цинкуемого изделия также возрастает. Причем полученные зависимости роста толщины образцов от количества цинковых компонентов носят одинаковый характер изменения.

Показано также, что с увеличением цинкового компонента в составе насыщающей смеси в виде порошкового цинка ($Zn_{ст}$) или отхода горячего цинкования – цинковой пыли ($Zn_{отх}$) возрастает и масса цинкуемого изделия. Зависимости роста их массы от количества разных цинковых компонентов носят также одинаковый характер изменения.

Установлено, что наиболее интенсивный характер роста значений размера и массы изделия наблюдается при содержании в смеси цинксодержащего компонента более 60% для обеих насыщающих сред, будь то в среде $Zn_{ст}-Al_2O_3$ или $Zn_{отх}-Al_2O_3$. При этом большие значения размеров и массы имеют изделия, цинкуемые в насыщающей среде $Zn_{ст}-Al_2O_3$.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Урбанович, Н. И.** Анализ способов получения цинксодержащих покрытий с применением отходов производства горячего цинкования / Н. И. Урбанович, К. Э. Барановский, Е. В. Розенберг и др. // *Литье и металлургия*. 2021. № 2. С. 87–93.
2. **Урбанович, Н. И.** Исследование гранулометрического, химического и фазового составов отходов производства горячего цинкования / Н. И. Урбанович, К. Э. Барановский, Е. В. Розенберг, В. Г. Дашкевич, В. Г. Лугин // *Литье и металлургия*. 2021. № 3. С. 106–111.
3. **Урбанович, Н. И.** Изучение возможности использования цинксодержащих отходов для получения цинковых покрытий методом термодиффузионного цинкования / Н. И. Урбанович [и др.] // *Современные технологии для заготовительного производства*: сб. науч. тр. Минск: БНТУ, 2022. С. 53–55.

REFERENCES

1. **Urbanovich N. I., Baranovskij K. Je., Rozenberg E. V. et al.** Analiz sposobov poluchenija cinksoderzhashhikh pokrytij s primeneniem othodov proizvodstva gorjachego cinkovanija [Analysis of methods for obtaining zinc-containing coatings using hot-dip galvanizing production waste]. *Lit'e i metallurgija = Foundry production and metallurgy*, 2021, no. 2, pp. 87–93.
2. **Urbanovich N. I., Baranovskij K. Je., Rozenberg E. V., Dashkevich V. G., Lugina V. G.** Issledovanie granulometricheskogo, himicheskogo i fazovogo sostavov othodov proizvodstva gorjachego cinkovanija [Investigation of granulometric, chemical and phase compositions of hot-dip galvanizing production wastes]. *Lit'e i metallurgija = Foundry production and metallurgy*, 2021, no. 3, pp. 106–111.
3. **Urbanovich N. I. et al.** Izuchenie vozmozhnosti ispol'zovanija cinksoderzhashhikh othodov dlja poluchenija cinkovykh pokrytij metodom termodiffuzionnogo cinkovanija [The study of the possibility of using zinc-containing waste to obtain zinc coatings by the method of thermal diffusion galvanizing]. *Sovremennye tehnologii dlja zagotovitel'nogo proizvodstva = Modern technologies for blank production*, Minsk, BNTU Publ., 2022, pp. 53–55.