

УДК 621.79

## МЕТОД ГАРЯЧОГО ЦИНКУВАННЯ: ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ

Возненко І. І., Крюкова О. А.

Київський національний університет технологій та дизайну

**Мета.** Дати загальну характеристику сучасних промислових електролітів гарячого цинкування. Дослідити залежність якості та споживчих характеристик утворених покриттів від складу електролітів та умов проведення процесу, а також визначити переваги та недоліки методу.

**Методика.** Порівняльний аналіз за даними літератури технологічних особливостей методу гарячого цинкування та характеристик утворених осадів.

**Результати.** Встановлено, що метод гарячого цинкування є досить надійним і сучасним способом захисту металевих конструкцій від впливу несприятливих зовнішніх умов. Результати, отримані за допомогою даного методу, суттєво розширюють можливості по впровадженню металоконструкцій в наше життя.

**Наукова новизна.** Показано, що формування захисного шару методом гарячого цинкування є найбільш надійним для металевих виробів.

**Практична значимість.** Досліджений вплив складу електроліту та умов нанесення покриття (концентрація компонентів електроліту, температура, густина струму) на якість утворених осадів та ефективність проведення цинкування.

**Ключові слова:** гаряче цинкування, захисні покриття, електроліти, гальваніка

У середині XVIII століття у Франції був відкритий новий метод захисту металу від корозії, який здійснювався шляхом занурення його в розплавлений цинк. Це відкриття належить французькому хіміку П. Ж. Малуен, однак патент він не отримав. Цим винаходом скористався інший французький хімік С. Сорель. Таким чином, на початку XIX століття (1836 рік) був отриманий патент на виконання методу гарячого цинкування.

Перший виробничий цех було відкрито в Німеччині в 1847 році, в 1850 – в Австрії. А вже з середини XX століття гаряче цинкування вважається на міжнародному рівні найкращим способом захисту від корозії залізних і сталевих виробів.

Методика є досить простою. Шляхом занурення металу в гарячу ванну його покривають захисним шаром цинку. Температура цинку у ванні складає близько 460<sup>0</sup>С. Потім цинк взаємодіє з атмосферним киснем з утворенням оксиду, який вступає в реакцію з двоокисом вуглецю. В результаті реакції утворюється карбонат цинку. Утворена речовина сірого кольору та не має глянцевого блиску, вона вкриває метал і захищає його від атмосферної корозії [1].

Формування захисного шару гарячим методом цинкування є економічно вигідним і надійним в експлуатації, саме тому його найчастіше використовують для захисту металевих виробів. Будь-які види сталей можна піддавати гарячому цинкуванню, але якість отриманих покриттів буде різною. Це буде залежати від хімічного складу конкретного металу. Відмінність покриття буде в кольорі, блиску поверхні, товщині покриття та адгезійній здатності виробу. Технологія гарячого цинкування дозволяє одержувати цинкові покриття, товщина яких варіюється від 30 до 100 мкм. Цей метод може здійснювати захист від 65 до 120 років в залежності від умов експлуатації виробів.

Області застосування виробів, які пройшли гаряче цинкування:

- приватне і промислове будівництво. Різні металеві конструкції та вироби піддаються такій обробці з метою продовження терміну використання та захисту від різних впливів. Серед таких виробів є: водопровідні труби, віконні відливи, металеві сітки для огорожі, профнастил та велика кількість інших виробів;
- захист різних металевих ємностей, баків, труб, посуду та іншого господарського начиння;
- частини виробів, що працюють під відкритим небом, також потребують подібного захисту. Це опори мостів і ЛЕП, вишки, радіощогли, ретранслятори і т. д.;
- будівництво доріг – мостові конструкції, огорожі, дренажні труби, перила та інші елементи, що піддаються впливу вологи.

#### ***Постановка завдання***

Поверхня будь-якого металу потребує створення захисного шару від іржі, корозії та інших впливів, які здатні зруйнувати виріб. Як свідчить світова практика з металевих покриттів найчастіше використовуються цинкові покриття. Основними причинами, що обумовлюють такий вибір на користь цинкових покриттів для металічних виробів, є невисока ціна самого цинку, вартість процесу цинкування, а також наявність більш електронегативного потенціалу, ніж у заліза [2]. Якість проведення процесу гарячого цинкування залежить від дотримання вимог технологічного процесу на належному рівні. Однією зі складових частин технологічного процесу є дотримання заданого температурного режиму, який контролюється за допомогою систем автоматичного керування.

Методом гарячого цинкування одержують одне з найбільш надійних покриттів для різних металевих виробів. Термін експлуатації такого покриття складає близько 50

років. Процес гарячого цинкування металу проводиться шляхом занурення деталей в розплав цинку. В результаті цього процесу на поверхні металу утворюється захисна плівка, карбонату цинку, яка є стійкою до фізичних навантажень, та не допускає виникнення корозії.

Гаряче цинкування деталей металоконструкцій, хоча і дозволяє отримати найвищу якість і довговічність виробів, займає лише друге місце за поширеністю серед подібних технологій. Використання цього методу створює проблему екологічної небезпеки, так як його реалізація потребує застосування агресивних хімічних реагентів для підготовки поверхні деталі, а сама процедура проводиться в розплавленому цинку [3].

У зв'язку з цим було поставлено за мету проаналізувати переваги та недоліки методу гарячого цинкування перед іншими електрохімічними методами.

### ***Результати досліджень***

Технологія методу гарячого цинкування деталей та металоконструкцій здійснюється на одній виробничій лінії, в яку входить декілька ємностей, в тому числі ванни для підготовчих операцій, і сушильна камера. Лінії для гарячого цинкування складаються з кількох послідовних стадій, виконання яких є обов'язковими. Попередня підготовка виробу займає більшу частину часу. Стадії проведення процесів та коментарі до них:

- знежирення поверхні виробу з метою видалення жирових та масляних плям. Процес проводиться при температурі 70-80<sup>0</sup>С;
- холодна промивка виробів;
- травлення. Деталь опускають у ванну з хлоридною кислотою для видалення з поверхні металу різних оксидів (іржі, потемніння, окалини), які можуть утворюватися в процесі зберігання виробу;
- гаряча та холодна промивка в декількох ваннах для видалення залишків кислоти;
- флюсування. Це процес утворення захисної плівки флюсу, що перешкоджає подальшому окисненню металу, що призводить до кращої адгезії поверхні деталі з цинковим розплавом. Потім деталь обробляється розчином флюсу за температури близько 60<sup>0</sup>С. Для кожного процесу склад флюсу підбирається індивідуально. Він може складатись з хлористих сполук амонію (9%) та цинку (91%). Процес цинкування може проводитися двома способами: мокрим і сухим. При мокрому способі флюс знаходиться на поверхні ванни з цинком і металеву

деталь занурюють у ванну через шар флюсу. Цей спосіб не дуже надійний через те, що відбувається процес змішування шарів рідких металів. Для виконання сухого цинкування для флюсу виділяється окрема ванна. Металева деталь (гайка, метиз, болт) опускається безпосередньо в розчин, потім виймається, і відразу ж відбувається сушка при температурі 150-200°C;

- подальша сушка виробів при температурі 100°C. При цьому видаляється волога з поверхні виробу, яка може викликати розбризкування цинку при зануренні в нього деталі;
- процес цинкування. Деталь занурюють в розплав цинку при температурі 440-460°C. У такій ванні з цинком деталь знаходиться 3-10 хвилин. Товщина майбутнього покриття буде залежати не тільки від марки сталі, але й від часу обробки деталі у ванні. Швидкість утворення цинку для різних деталей підбирається індивідуально;
- охолодження готового виробу.

Незважаючи на свою громіздкість і довготривалість метод гарячого цинкування дозволяє отримувати покриття найвищої якості [4].

При проведенні процесу гарячого цинкування металевих виробів дуже важливою є ефективна вентиляція. З цією метою найчастіше використовуються системи аспірації. Вони досить добре виводять пари хлоридної кислоти та цинку і захищають обладнання виробничого майданчика від корозії.

Метод гарячого цинкування має низку переваг перед іншими видами цинкування, а саме:

- гарячий метод цинкування є найбільш економічним в порівнянні з іншими технологіями;
- гаряче цинкування надає не тільки стандартний механічний захист, а й ще і електрохімічний, завдяки чому під захисним шаром не утворюються порожнечі, в яких могла б розвиватися корозія;
- цинк захищає основний матеріал від корозії навіть в місцях подряпин і отворів, оскільки покриття самовідновлюється;
- сам технологічний процес простий і потужний;
- утворені покриття володіють високою електричною провідністю і теплопровідністю;

- цинкове покриття захищає основний матеріал від «водневої крихкості»;
- цинк, який нанесений гарячим способом, стійкий до механічних навантажень і сколів.

Але дана технологія має і певні недоліки: обмеження габаритів виробів розмірами ванни, вироби з покриттям для зварювальних робіт, при цьому способі неможливо сформувати тонкі захисні покриття, а цинк витрачається не економно [5].

Металопрокат оцинкований гарячим способом – це більше половини промислових виробів, що застосовуються людиною на виробництві та в побуті. Це обумовлено простотою і економічністю технологічного процесу та довговічністю результату. В процесі експлуатації даних виробів не потрібно періодичного підфарбовування деталей або заміни пошкоджених корозією елементів. Також не потрібно щорічного придбання нових матеріалів і залучення до робіт будівельної бригади.

#### **Висновки**

1. В роботі проведений аналіз методу гарячого цинкування, який є на міжнародному рівні найкращим способом захисту залізних та сталевих виробів від корозії, а також переваги і недоліки цього методу перед іншими методами.
2. В результаті порівняння встановлено, що метод гарячого цинкування є сучасним і надійним способом захисту металевих конструкцій від впливу несприятливих зовнішніх умов та агресивних середовищ. Результати, отримані за допомогою даного методу суттєво розширюють можливості по використанню та впровадженню металоконструкцій в наше життя.
3. Встановлено, що формування захисного шару гарячим методом є економічно вигідним і надійним в експлуатації.

#### **Список використаних джерел**

1. Михайлов Б. Н. Защита металлов от коррозии / Б. Н. Михайлов, А. Н. Баранов – Иркутск: ИрГТУ. – 2007.
2. Виноградов С. С. Экологически безопасное гальваническое производство / С. С. Виноградов – М. : – 2002.
3. Мельников П. С. Справочник по гальванопокрытиям в машиностроении / П. С. Мельников –

#### **References**

1. Mikhailov, B.N. & Baranov, A.N. (2007). *Zaschita metalov ot korozii* [Protection of metals against corrosion ]. Irkutsk: IrGTU. [in Russian].
2. Vinogradov, S.S. (2002). *Ekologicheskii bezopasnoe galvanicheskoe proizvodstvo* [Ecologically safe galvanic production]. Moscow. [in Russian].
3. Melnikov, P.S. (1979). *Spravochnik po galvanopokrutiam v mashinostroenii*

- М.: – Машиностроение, 1979. – 296 с.
4. Колесник А. И. Учебно-методическое пособие к выполнению курсовой работы: «Технико-экономическое обоснование нового производства» / А. И. Колесник, Т. М. Зеленцова. – 2003.
5. Михайлов Б. Н. Эколого-технологические аспекты технической электрохимии / Б. Н. Михайлов – Иркутск: ИрГТУ. – 2010.
- [Guide to electroplating in mechanical engineering]. Moscow. [in Russian].
4. Kolesnik, A.I. & Zelentsova, T.M. (2003). *Tekhniko-ekonomicheskoe obosnovanie novogo proizvodstva* [Feasibility study of new production]. [ in Russian].
5. Mikhailov, B.N. (2010). *Ekologo-tekhnologicheskie aspekty tekhnicheskoi elektrokhimii* [Ecological and technological aspects of technical electrochemistry]. Irkutsk: IrGTU [in Russian].

*Voznenko Ilya*  
[illiys020897@gmail.com](mailto:illiys020897@gmail.com)  
Kyiv National University of  
Technologies and Design

*Kryukova Olena*  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8638-3580>  
[lena.krukova@gmail.com](mailto:lena.krukova@gmail.com)  
Kyiv National University of  
Technologies and Design

**Метод горячего цинкования: преимущества и недостатки**

**Возненко И. И., Крюкова Е. А.**

*Киевский национальный университет технологий и дизайна*

**Цель.** Дать общую характеристику современных промышленных электролитов горячего цинкования. Исследовать зависимость качества и потребительских характеристик образованных покрытий от состава электролитов и условий проведения процесса, а также определить преимущества и недостатки метода.

**Методика.** Сравнительный анализ по данным литературы технологических особенностей метода горячего цинкования и характеристик образованных осадков.

**Результаты.** Установлено, что метод горячего цинкования является достаточно надежным и современным способом защиты металлических конструкций от воздействия неблагоприятных внешних условий. Результаты, полученные с помощью данного метода, существенно расширяют возможности по внедрению металлоконструкций в нашу жизнь.

**Научная новизна.** Показано, что формирование защитного слоя методом горячего цинкования является наиболее надежным для металлических изделий.

**Практическая значимость.** Исследовано влияние состава электролита и условий нанесения покрытия (концентрация компонентов электролита, температура, плотность тока) на качество образованных осадков и эффективность проведения цинкования.

**Ключевые слова:** горячее цинкование, защитные покрытия, электролиты, гальваника

***Hot dip galvanizing method: advantages and disadvantages******Voznenko I. I., Kriukova O. A.****Kiev National University of Technologies and Design*

***Purpose.*** Give a general description of modern industrial electrolytes hot dip galvanizing. Investigate the dependence of the quality and consumer characteristics of the formed coatings on the composition of electrolytes and the process conditions, as well as determine the advantages and disadvantages of the method.

***Methodology.*** A comparative analysis according to the literature on the technological features of the hot dip galvanizing method and the characteristics of the precipitation formed.

***Findings.*** It has been discovered that the hot dip galvanizing method is a sufficiently reliable and modern way of protecting metal structures from the effects of adverse external conditions. The results obtained using this method significantly expand the possibilities for the implementation of metal structures in our lives.

***Originality.*** It is shown that the formation of a protective layer by hot dip galvanizing is the most reliable for metal products.

***Practical value.*** Explored the effect of electrolyte composition and conditions coating (concentration of electrolyte components, temperature, current density) on the quality of the precipitation formed and the efficiency of galvanizing.

***Keywords:*** hot dip galvanizing, protective coatings, electrolytes, galvanics