

УДК 544.6.018.47

СУЧАСНІ МЕТОДИ ЦИНКУВАННЯ: ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ

Черевач Я. Ф., Кислова О. В.

Київський національний університет технологій та дизайну

Мета. Порівняти сучасні методи цинкування, умови їх проведення, дати загальну характеристику утворених покриттів та дослідити залежність їх якості та споживчих властивостей від способу цинкування.

Методика. Порівняльний аналіз літературних даних щодо технологічних особливостей, енергоефективності та якості покриттів, утворених при застосуванні різних методів цинкування.

Результати. Для захисного покриття цинком застосовують різні методи: гаряче та холодне цинкування, дифузійний, контактний і електролітичний. Кожний з методів має свої переваги та недоліки, певні межі застосування. Найбільш перспективним є електролітичний спосіб цинкування. Він дозволяє чітко регулювати кількість нанесеного цинку, отримувати рівномірні, не крихкі, пластичні покриття. Електролітичне цинкування характеризується високою продуктивністю та низькою собівартістю, проте є екологічно шкідливим.

Наукова новизна. Порівняння сучасних методів цинкування дає можливість узагальнити їх переваги та недоліки, обирати оптимальний спосіб цинкування для досягнення найкращих захисних властивостей виробів.

Практична значимість. Показано існування залежності між способом цинкування та характером утвореного покриття, його технічними характеристиками та застосуванням.

Ключові слова: цинкування гаряче, електролітичне, холодне, термодифузійне, контактне

Цинкування – процес покриття цинком переважно виробів зі сталі для підвищення їх стійкості до корозії. Покриття цинком є анодним, оскільки цей метал є електрохімічно активнішим, ніж залізо, і буде першим руйнуватись при корозії [1].

Основні сучасні способи нанесення цинкового покриття наступні:

- 1) гаряче цинкування (відбувається в розплаві цинку при температурі 450-480 °С);
- 2) електролітичне цинкування (гальванічне покриття з кислих або лужних електролітів);
- 3) термодифузійне цинкування (насичення цинком нагрітих до 400-420 °С сталевих виробів в порошковому цинковому середовищі);
- 4) холодне цинкування – нанесення на підготовлену поверхню спеціальних сумішей з вмістом цинкового порошку;
- 5) контактне цинкування (за участю солі цинку у присутності електронегативнішого металу).

Кожний з цих методів має свої переваги та недоліки [2], [3].

Постановка завдання

Порівняти сучасні методи цинкування, їх переваги та недоліки, технологічні особливості проведення кожного з видів цинкування, охарактеризувати якість утворених покриттів та можливість практичного застосування кожного методу.

Результати досліджень

Для покриття цинком в умовах сучасного виробництва застосовують: гарячий спосіб цинкування шляхом занурення виробів у розплавлений цинк, металізацію розпиленням розплавленого металу з пульверизатора, контактний, дифузний і електролітичний методи. Найбільшого розповсюдження у промисловості набули гарячий і електролітичний способи цинкування [1], [2].

Гаряче цинкування полягає в зануренні (до 1 хв.) попередньо очищених від жирових і окисних забруднень виробів із чорних металів в ванну з розплавленим металом після попереднього флюсування (в суміші хлоридів цинку та амонію). Флюсування сприяє видаленню з поверхні вологи та залишків травильного шламу, попереджає окиснення поверхні при зануренні виробів у розплавлений цинк. Зчеплення покриття при гарячому способі ґрунтується на змочуванні розплавленим цинком та утворює на поверхні заліза крихкі інтерметалічні сполуки $FeZn_7$ і $FeZn_3$. Відносна товщина покриття залежить від тривалості перебування виробів в розплаві цинку, температури, форми та характеру обробки виробів [3] (див. табл.).

Точне регулювання товщини покриття при гарячому способі є неможливим. Внаслідок нерівномірності покриття, утворення потовщень цей метод не застосовується для цинкування виробів з вузькими отворами (наприклад, сітка) або виробів, які можуть під впливом високої температури змінювати механічні властивості. Проте для виробів, які мають внутрішні шви, гарячий спосіб є найдоцільнішим, оскільки розплавлений цинк, заповнюючи отвори і канали швів, забезпечує герметичність [1].

При дифузійному способі цинкування сталеві вироби, попередньо очищені від жирових і окисних забруднень, покриваються дрібними частинками порошку цинку чи піддаються дії парів цинку без контакту з металом при $400-500^{\circ}C$. Цинк дифундує в поверхневі шари сталі, утворюючи з залізом хімічні сполуки чи тверді розчини. Апаратура, оцинкована дифузійним методом, є стійкою в газовому середовищі у присутності агресивних речовин (наприклад H_2S) за температури до $550^{\circ}C$.

Розроблено вакуумний дифузний спосіб цинкування, що дозволяє швидко та за нормальної температури отримувати товсте цинкове покриття [2].

Таблиця

Порівняльна характеристика сучасних методів цинкування

Спосіб цинкування	Переваги	Недоліки	Застосування
Гаряче цинкування	Утворення міцних покриттів	Неможливе точне регулювання товщини покриття	Цинкування посуду, дроту, труб і скобяних виробів
Дифузійний спосіб цинкування	можливість отримання суцільного і рівномірного за товщиною покриття на виробках будь-якої форми	громіздкість і складність апаратури, значна тривалість процесу через малу швидкість дифузії; утворення тонких покриттів	для покриття великих споруд різної форми (габаритні сталеві конструкції і неметалеві вироби). Можливість здійснювати ремонт чи часткове покриття без демонтування
Контактний спосіб	можливість покрити вироби із будь-якого матеріалу, значна швидкість нанесення покриття	Одержувати покриття невеликої товщини	Застосовується тільки для покриття дрібних виробів (цвяхи та інших)
Холодне цинкування	Можливість цинкування великих за розміром конструкцій, відмінне зчеплення; легкість покриття зварювальних швів	Відсутність характерного металевого блиску, невисока стійкість до механічних пошкоджень	Обробляють труби, металоконструкції, мости, залізничні колії, баки та резервуари, деталі автотранспорту
Електролітичне (гальванічне) Цинкування	Дозволяє точно регулювати кількість нанесеного цинку та отримувати рівномірні не крихкі, пластичні покриття, висока продуктивність, низька собівартість	низька адгезія шару цинку з металом. Поверхню виробів потрібно дуже добре обезжирювати та зачищати, метод є екологічно шкідливим.	Для покриття регенераторів, теплообмінників, печей, апаратури для хімічного синтезу

Покриття методом пульверизації (розпорошення цинку) здійснюється шляхом розбризування тонкого струменя розплавленого металу над поверхнею виробу дією стисненого повітря. За допомогою цього методу можна покривати вироби з будь-якого матеріалу. Зчеплення покриття забезпечується за рахунок глибокого проникнення в пори поверхні металу частинок цинку, які деформуються, б'ючись об поверхню на

великій швидкості (100-150 м/с). Однією з істотних передумов міцного зчеплення покриття з основою є достатня жорсткість покриваючої поверхні. Міцність зчеплення також істотно зростає при попередньому нагріванні покриваючої поверхні. Дрібні деталі цинкують у обертових барабанах, поєднаних з апаратом для розпилення [3].

Контактний спосіб – це метод цинкування без зовнішнього джерела струму, коли очищені від забруднень вироби занурюються у розчин солі цинку і взаємодіють з електронегативнішим металом. Цей метал розчиняється, витісняючи цинк на поверхню виробу, який покривають. Для цинкування сталі як контактний метал застосовують алюміній. Процес проводять у лужному гарячому розчині солі цинку протягом кількох годин. Дрібні деталі завантажують в розчин, який містить $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$, KCN і NaOH, в алюмінієвих (контактний метал) сітчастих кошиках [1], [3].

Холодне цинкування – нанесення на попередньо оброблену поверхню металоконструкцій спеціального покриття, яке містить порошок цинку високої дисперсності (до 95 %). Матеріали, які використовуються при холодному цинкуванні металоконструкцій, наносяться на їх поверхню звичайними лакофарбовими способами (напиленням, зануренням, пензлем, валиком). Після висихання вони утворюють покриття з високим вмістом цинку та забезпечують ефективний антикорозійний захист. Утворене покриття характеризується високою еластичністю, витримує термічне розширення та механічну деформацію, а його термін експлуатації в 3-4 рази більший від отриманого методом гарячого цинкування та повністю виключає явище підшарової корозії при руйнуванні цілісності захисного шару. Холодне цинкування металу ефективно використовується як попередньо нанесена ґрунтовка, як самостійне покриття для захисту сталі, а також може бути застосоване для відновлення раніше оцинкованих поверхонь. Холодне цинкування забезпечує високий рівень захисту металевих поверхонь від корозії, можливість цинкування великих за розміром конструкцій та використання обробленого металу в різних кліматичних умовах, при різких перепадах температури, при контакті з агресивними речовинами.

Покриття, отримані методом холодного цинкування, не мають характерного металевого блиску, однак це легко компенсується їх високою сумісністю практично з усіма видами лакофарбових матеріалів. Холодне цинкування сталі є економічно вигідним. За рахунок високої якості захисного шару та його довговічності витрати на ремонтні роботи суттєво зменшуються [3], [4].

Цинкове покриття не містить домішок основного металу. Ступінь чистоти електролітичного цинкового покриття тим більший, чим чистішими є вихідні матеріали та матеріал аноду. Електролітичний спосіб дозволяє точно регулювати кількість цинку, нанесеного на поверхню, і отримувати на виробках нескладної конфігурації рівномірні покриття. Економія цинку порівняно з гарячим способом досягає 50%.

Якість покриття значно залежить від складу електроліту. Захисні особливості цинку можна посилити за допомогою наступних операцій: 1) хроматування – пасивація матеріалу хромовою кислотою з утворенням хроматної захисної плівки; 2) фосфатування – обробка деталей солями фосфатної кислоти з утворенням фосфатної плівки; 3) фарбування – обробки поверхні лакофарбовим матеріалом.

Гальванічний спосіб дає можливість нанесення цинкового покриття на виріб незалежно від його конструктивної складності, які мають декоративний вигляд (гладкі та блискучі). Проте існує ризик наводорожування чорних металів, особливо при порушенні правил гальваніки. В результаті виникає так звана воднева крихкість деталі та погіршується її зовнішній вигляд [1], [4].

Висновки

Існує значна кількість сучасних методів цинкування. Вони дають змогу утворювати на поверхні чорних металів захисні покриття з різними властивостями. Кожний з методів має свої переваги та недоліки, застосування того чи іншого способу цинкування визначається багатьма факторами. Найбільш перспективним є електролітичний спосіб цинкування. Він дозволяє чітко регулювати кількість нанесеного цинку, отримувати рівномірні, не крихкі, пластичні покриття. Електролітичне цинкування характеризується високою продуктивністю та низькою собівартістю, проте є екологічно шкідливим.

Список використаних джерел

1. Якименко Г. Я. Технічна електрохімія. Гальванічні виробництва (Ч.ІІІ): підручник / Г. Я. Якименко, В. М. Артеменко. – Харків: НТУ «ХП», 2006. – 272 с.
2. Кутий О. І. Гальванотехніка : Монографія. – Львів: видавництво нац. Університету «Львівська політехніка», 2004. – 236 с.
3. Сайт Фарбатека. [Електронний ресурс].

References

1. Yakymenko, H. Ya., Artemenko, & V. M. (2006). *Tekhnichna elektrokimiya. Ch.III Halvanichni vyrobnytstva* [Technical electrochemistry. Ch.III Galvanic manufactures]. Kharkiv: NTU «KHPI» [in Ukrainian].
2. Kutyy, O. I. (2004). *Halvanotekhnika* [Galvanotechnology]. Lviv [in Ukrainian].
3. Sait Farbateka. [Site Farbateka].

- Режим доступу: <http://farbateka.com.ua/specialni-materiali/inshi-pokrittja/galvanichne-cinkuvannja-jak-sposib-zahistu-metalu.html>
4. ДСТУ Б В.2.6-193:2013. Національний стандарт України. Захист металевих конструкцій від корозії. Київ. Дата введення 2014-01-01
4. DSTU B V.2.6-193:2013. *Natsionalniy standart Ukraini. Zakhist metalevikh konstruksiy vid korozii* [National standard of Ukraine .2.6-193:2013. Protection of metal structures from corrosion]. Київ, 2013,70 p.

Современные методы цинкования: преимущества и недостатки

Черевач Я. Ф., Кислова О. В

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. Сравнить современные методы цинкования, условия их проведения, дать общую характеристику покрытий и исследовать зависимость их качества и потребительских свойств от способа цинкования.

Методика. Сравнительный анализ литературных данных по технологическим особенностям, энергоэффективности и качестве покрытий, полученных при применении различных методов цинкования.

Результаты. Для защитного покрытия цинком применяют различные методы: горячее и холодное цинкование, диффузный, контактный и электролитический. Каждый из методов имеет свои преимущества и недостатки, определенные границы применения. Наиболее перспективным является электролитический способ цинкования. Он позволяет четко регулировать количество нанесенного цинка, получать равномерные, пластичные покрытия. Электролитическое цинкование характеризуется высокой производительностью и низкой себестоимостью, однако является экологически вредным.

Научная новизна. Сравнение современных методов цинкования дает возможность обобщить их преимущества и недостатки, выбирать оптимальный способ цинкования для достижения лучших защитных свойств изделий.

Практическая значимость. Показано существование зависимости между способом цинкования и характером полученного покрытия, его техническими характеристиками и применением.

Ключевые слова: цинкование горячее, электролитическое, холодное, термодиффузионное, контактное

Modern methods of galvanizing: advantages and disadvantages

Cherevach Y. F, Kyslova O. V.

Kiev National University of Technologies and Design

Purpose. To compare modern methods of galvanizing, the conditions for their conduct, to give a general description of coatings and to investigate the dependence of their quality and consumer properties on the galvanizing method.

Methodology. Comparative analysis of literature data on technological features, energy efficiency and quality of coatings obtained using various methods of galvanizing.

Findings. For zinc protective coating, various methods are used: hot and cold galvanizing, diffuse, contact and electrolytic. Each of the methods has its advantages and disadvantages, certain limits of application. The most promising is the electrolytic method of galvanizing. It allows you to clearly adjust the amount of zinc applied, to obtain uniform, plastic coatings. Electrolytic galvanizing is characterized by high productivity and low cost, but is environmentally harmful.

Originality. Comparison of modern methods of galvanizing makes it possible to generalize their advantages and disadvantages, to choose the optimal method of galvanizing for achieving the best protective properties of products.

Practical value. It is shown that there is a relationship between the galvanizing process and the nature of the coating obtained, its technical characteristics and application.

Keywords: hot-dip galvanizing, electrolytic, cold, thermodiffusion, contact