

УДК 669.58

ПЕРСПЕКТИВЫ РЕАЛИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЙ ИНДУКЦИОННОГО НАГРЕВА ПРИ ТЕРМОДИФфуЗИОННОМ ЦИНКОВАНИИ В ПОРОШКОВЫХ НАСЫЩАЮЩИХ СРЕДАХ

*СИТКЕВИЧ М.В.¹, докт. техн. наук, профессор,
БУЛОЙЧИК И.А.¹, науч. сотр.
(¹БНТУ, г. Минск, Беларусь)*

Ситкевич М.В., Булойчик И.А.

220013, г. Минск, пр. Независимости, 65,
Белорусский национальный технический университет
e-mail: ilya.by@gmail.com,
e-mail: sitkevich_v@mail.ru

Аннотация

Приведены результаты исследования технологий токов высокой частоты (ТВЧ) на предмет возможности использования индукционного нагрева в качестве источника тепла для формирования антикоррозионных покрытий и диффузионных слоев на основе цинка. Представлены особенности формирования цинковых диффузионных слоев в условиях воздействия электромагнитного поля. Определены наиболее перспективные области использования предлагаемых технологий с учетом номенклатуры обрабатываемых изделий.

Ключевые слова: цинк, индукционная обработка, диффузия, коррозионная стойкость, диффузионный слой

Введение

Много исследований выполнено по применению индукционного нагрева для диффузионного насыщения [1-4]. Установлено, что при индукционном нагреве в десятки и сотни раз сокращается длительность диффузионной обработки. Так в работе [5] экспериментально доказано, что применение нагрева ТВЧ для интенсификации процессов диффузионного хромирования из порошков на основе железа в расплавах солей увеличивает скорость образования термодиффузионных слоев по сравнению с широко распространенным хромированием в печи в 4 - 15 раз.

Однако, данные технологии все еще не получили широкого практического применения. Связано с отсутствием данных по исследованию таких процессов для конкретных изделий и применяемых для индукционной закалки сталей. Не изучена кинетика роста и особенностей строения диффузионных слоев, формируемых при кратковременных выдержках до 30 секунд, при которых в максимальной степени реализуются преимущества скоростного индукционного нагрева. Не разработаны достаточно простые и надежные приемы и устройства для осуществления процессов диффузионного насыщения в условиях производства на машиностроительных предприятиях. Тем не менее, потенциальные возможности диффузионного насыщения в плане интенсификации ХТО оцениваются достаточно высоко, что обусловлено сокращением в десятки и сотни раз длительности насыщения, увеличением производительности труда, улучшением эксплуатационных характеристик полученных материалов, а также простотой технологических операций, исключением доступа кислорода к изделию в процессе насыщения и уменьшением энергозатрат [6].

Перспективным является использование индукционного нагрева при реализации технологий термодиффузионного цинкования в порошковых насыщающих средах. При данном способе цинкования значительные энергозатраты тратятся на прогрев садки с

порошковой насыщающей смесью, а также самой реторты, что снижает эффективность технологий такого типа в условиях больших объемов производств.

Теоретическая часть

Реализация принципа индукционного нагрева в ряде процессов цинкования, представляет перспективу с точки зрения создания высокоэффективных, энергосберегающих и экологически безопасных технологий защиты металлов от коррозии. Использование способа диффузионного цинкования в электромагнитном поле подходит для широкой номенклатуры обрабатываемых изделий при сохранении качества защитного покрытия. В то время, как традиционные технологии цинкования в расплавах не обеспечивают в ряде случаев требуемого уровня эксплуатационных характеристик формируемого на изделии покрытия. Связано это с различием в фазовом составе диффузионных слоев, формируемых на изделии.

Принципиальной особенностью способа термодиффузионного цинкования в электромагнитном поле является целенаправленное создание значительного температурного градиента с его убыванием вглубь шихты. Более высокая, в сравнении с радиационным нагревом, температура вблизи поверхности цинкуемых изделий обеспечивает более сильное "расшатывание" кристаллической решетки железа в исходном металле изделия и кристаллической решетки цинка в насыщающей смеси [6]. В результате чего, возникают быстропротекающие двухсторонние процессы диффузии железа в цинк и цинка в железо с образованием интерметаллических соединений. Процесс формирования интерметаллидов резко ускоряется за счет воздействия индукционных токов. При этом, сформированный цинковый слой имеет гомогенизированную структуру и не содержит хрупкую столбчатого вида ζ -фазу [6].

В сравнение с классическими методами формирования защитных покрытий на основе цинка, технологии термодиффузионного цинкования в электромагнитном поле обеспечивают:

- нанесение ультрадисперсных защитных покрытий повышенной коррозионной стойкости и механической прочности;
- получение по всей покрываемой площади равномерного гомогенизированного покрытия требуемой стойкости к коррозии, жаростойкости, ударной вязкости и твердости с высоким сопротивлением абразивному износу;
- получение диффузионного слоя в широком интервале толщин (от 6 до 300 мкм);
- восстановление защитного покрывного слоя в случае его повреждения;
- увеличение срока эксплуатации изделий по сравнению с ресурсом работы изделий, покрытых традиционным способом термодиффузионного цинкования;
- сохранение при цинковании резьбовых соединений геометрии, профиля и диаметра резьбы;
- сокращение вредных выбросов в окружающую среду.

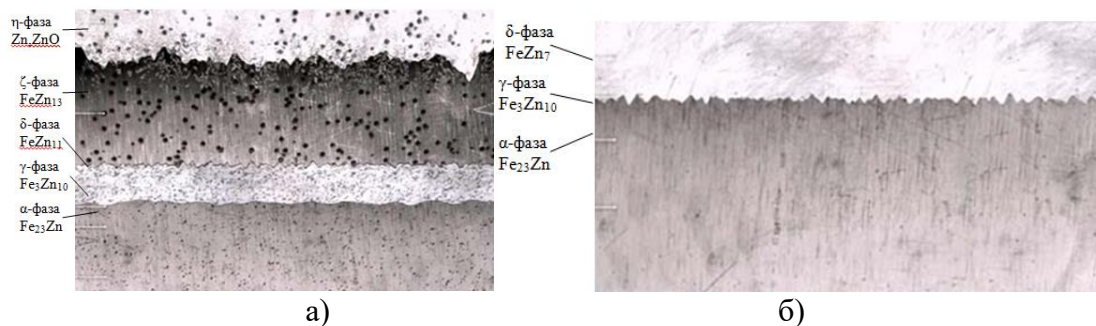


Рисунок 1 – Сравнение цинковых диффузионных слоев, полученных при цинковании в расплавах (горячее цинкование) (а) и цинковании в электромагнитном поле с применением индукционного нагрева (б) [6]

Определяющим фактором вышеуказанных преимуществ является значительное отличие структуры обсуждаемых слоев. На рисунке 1 (а, б) приведено сравнение структур

защитных слоев, получаемых при цинковании в расплавах и при диффузионном цинковании в электромагнитном поле с использованием токов высокой частоты.

Согласно данным источника [6], преимущество технологий диффузионного цинкования с применением индукционного нагрева заключается в возможности формирования на изделии цинкового диффузионного слоя с более высокими эксплуатационными свойствами (микротвердость, истираемость, плотность и коррозионная стойкость) в сравнении с диффузионными слоями, формируемыми при цинковании в расплавах.

Используемая в настоящем исследовании для процесса диффузионного цинкования установка, представленная на рисунке 2, обеспечивает преобразование трехфазного электрического сигнала промышленной частоты 50 Гц в однофазный частотой в диапазоне 10,0 – 70,0 кГц.



Рисунок 2 – Внешний вид установки для диффузионного цинкования в электромагнитном поле

Результаты и обсуждение

Полученные экспериментальные образцы с цинковыми диффузионными слоями, представлены на рисунке 2 (а, б).

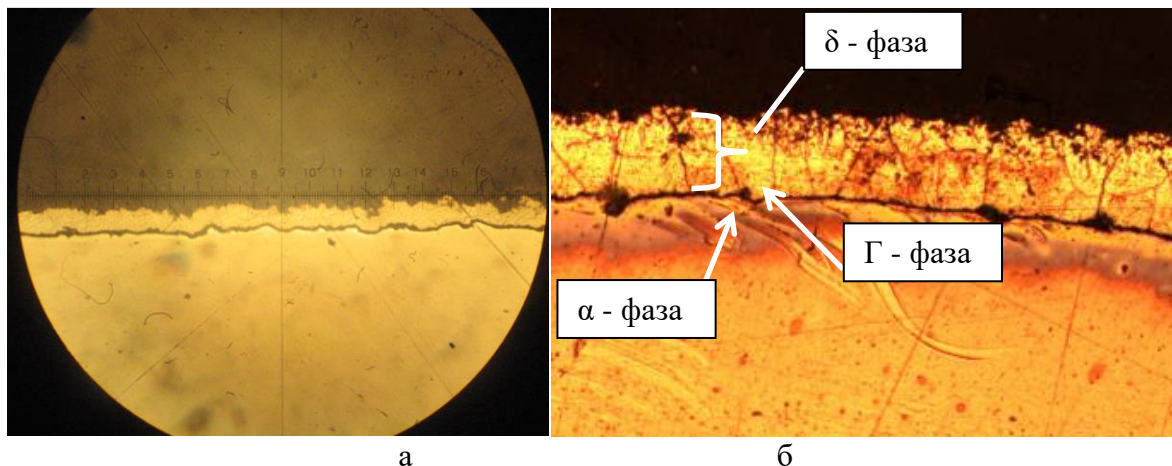


Рисунок 2 – Образцы с цинковыми диффузионными слоями ((а) – шлиф не травлен, (б) – шлиф травлен), сформированными в условиях нагрева токами высокой частоты. Толщина диффузионного слоя - 30 мкм, (а) - X 200, (б) – X 400.

Подобранный экспериментальный режим цинкования, позволяет сократить время обработки деталей на 25 минут. Общее время циклического нагрева составило 4,5 минуты (Рисунок 3).

Для сравнения, при использовании стандартной технологии термодиффузионного цинкования с применением печного нагрева при 420 °С и применением вращающегося тигля с

аналогичными параметрами, требовалось порядка 30 минут для получения цинкового диффузионного слоя аналогичной толщины в 30 мкм.

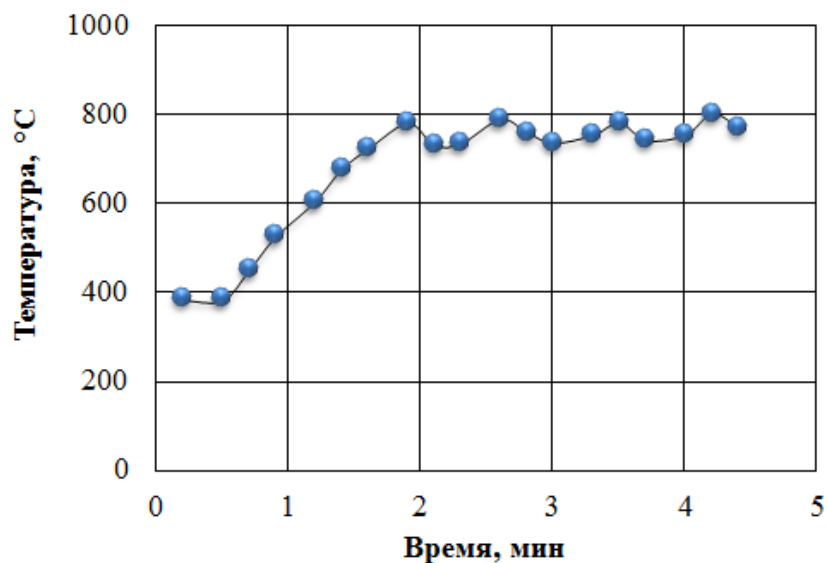


Рисунок 3 – Температурный режим нагрева тигля при цинковании в электромагнитном поле при частоте в 60 000 Гц.

Технологической особенностью реализации процесса индукционного термодиффузионного цинкования в сравнении со стандартными процессами ТДЦ является использование циклического нагрева обрабатываемых деталей до температур (порядка 700 - 800 °C), существенно превышающих температуры стандартных режимов реализации процессов ТДЦ. Используемая для процесса индукционного цинкования реторта была изготовлена из нержавеющей стали, а нагрев тигля с порошковой насыщающей смесью и образцами производили в циклическом режиме с целью предотвращения оплавления цинкового порошка при вращении контейнера, а так же его перемещении параллельно плоскости индуктора. (Рисунок 4).

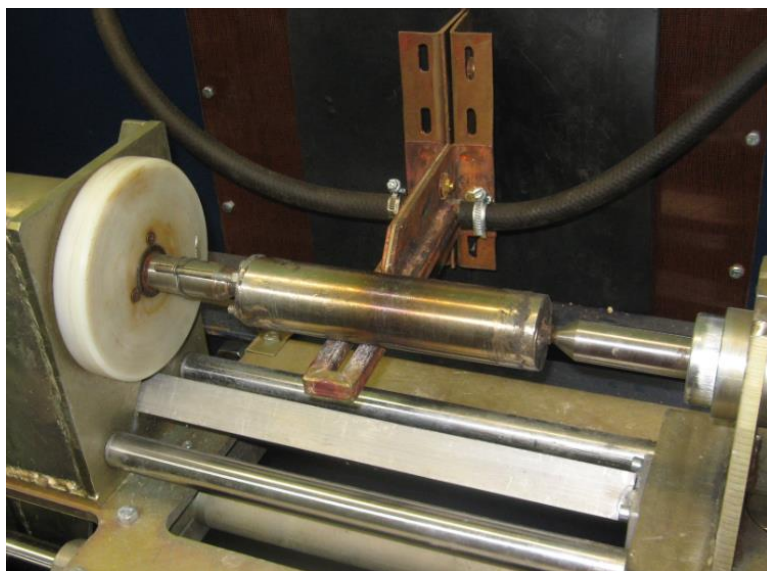


Рисунок 4 – Схема установки тигля из нержавеющей стали во время процесса диффузионного цинкования с горизонтальным перемещением относительно плоскости индуктора.

Выводы

Термодиффузионное цинкование с применением индукционного нагрева (ТДЦЭ) имеет ряд преимуществ, связанных как с производительностью применяемого способа нагрева, обеспечивающего меньшие энергозатраты, так и с особенностями формируемого на изделии диффузионного слоя, обладающего более высокими эксплуатационными характеристиками в сравнении с покрытиями, наносимыми традиционными методами цинкования. В сравнение с традиционными способами формирования цинковых интерметаллидных диффузионных слоев ТДЦЭ позволяет формировать цинковые диффузионные слои с преимущественным формированием δ -фазы в поверхностной зоне насыщаемого изделия, обладающей наиболее выгодной совокупностью эксплуатационных характеристик (сочетание параметром микротвердости, пластичности и коррозионной стойкости).

С учетом того, что значительную часть продукции, подлежащей цинкованию составляют конструкционные материалы, большая часть которых представлена длинномерными изделиями (стальные перекрытия, элементы дорожных ограждений, трубы различного сортамента), применение установок индукционного нагрева с использованием шликерных обмазок представляет актуальную альтернативу традиционным процессам цинкования в расплавах цинка. Перспективное направление в решении данной проблемы представляют процессы газотермического напыления (ГТН) в совокупности с последующей термообработкой с целью образования диффузионных интерметаллидных слоев, за счет чего происходит повышение эксплуатационных характеристик изделий. Следует отметить, что предпочтение следует отдать индукционному нагреву, как наименее энергоемкому способу нагрева металла в сравнении с печным нагревом.

Подобранный лабораторный режим обработки деталей с применением нагрева токами высокой частоты, позволяющий сократить время обработки изделий в сравнение со стандартными режимами с использованием печного нагрева.

Список литературы

1. Ляхович Л.С., Беляев В.И. Азотирование стали с нагревом токами высокой частоты. Минск: изд-во Мин. образ. БССР, 1961. - 45 с.
2. Электрохимико-термическая обработка металлов и сплавов: Монография / Кидин И.Н. [и др.] - М.: Металлургия, 1978. - 320 с.
3. Гурченко П.С., Шипко А.А. Цементация шаровых пальцев автомобиля МАЗ при индукционном нагреве в атмосфере природного газа. // Автомобильная промышленность, № 3, 1985
4. Гурченко П.С., Шипко А.А., Панич Г.Г. Исследование процесса нитроцементации при индукционном нагреве. // Пути дальнейшего повышения надежности, долговечности и конкурентоспособности автомобильной техники, выпускаемой в объединении "БелавтоМАЗ". Мн.: 1984, с. 83-85.
5. Научная библиотека диссертаций и авторефератов disserCat [Электронный ресурс] / Термодиффузионное хромирование порошковых материалов на основе железа с применением нагрева токами высокой частоты. Режим доступа: <http://www.dissercat.com/content/termodiffuzionnoe-khromirovanie-poroshkovykh-materialov-na-osnove-zheleza-s-primeneniem-nagr#ixzz4BRwvabgK> Дата доступа: 08.05.16
6. ОАО "ВИАСМ" [Электронный ресурс] / Новый способ нанесения защитных покрытий. Режим доступа: http://www.viasm.ru/novyi_sposob.htm Дата доступа: 13.03.16

**THE PERSPECTIVE OF INDUCTION HEATING APPLICATION IN
THE SHERARDIZING TECHNOLOGIES OF OBTAINING ZINC ANTICORROSIVE
LAYERS USING POWDER MIXTURES MATERIALS**

*Sitkevich M.V., D.Sc. (Engineering), Professor,
Buloichyk I.A., Research assistant*

Sitkevich M.V., Buloichyk I.A.

Belarusian National Technical University,
220013, Republic of Belarus, Minsk, Nezavisimosti ave., 65;

Abstract

The perspectives of induction heat treatment implementing into the sherardizing technologies with the aim to form anticorrosive diffusion layer are discussed in the article. It is shown that using induction technologies as a heating source gives an energy advantage comparing to conventional methods of heat treatment. The article reveals some peculiarities of zinc diffusion layer formation under the influence of induction electromagnetic fields along with description of the most perspective areas for zinc induction technology application and types of details that should be treated using this technology.

Keywords: zinc, induction heat treatment, diffusion, corrosion resistance, diffusion layer