

Современные условия производства диктуют определенные требования к параметрам технологических процессов, заключающиеся в снижении энергоемкости и повышении экологической безопасности производства. Существует множество видов и технологий нанесения коррозионностойких цинковых покрытий и диффузионных слоев. Однако большинство из них характеризуется значительной степенью энергоемкости, что в условиях современного производства требует замены на экономически более выгодный процесс. В связи с этим возникает необходимость поиска новых путей в сфере нанесения защитных цинковых покрытий, повышающих эксплуатационные свойства изделий с учетом вышеперечисленных требований.

При изучении методов цинкования следует обратить внимание на процессы термодиффузионного цинкования в порошковых средах [1]. Данный метод позволяет получать коррозионностойкие диффузионные слои на изделиях практически любых форм и размеров, является экологически безопасным и, в дополнение к этому, перспективен с точки зрения совершенствования технологических параметров процесса. В частности, с целью сокращения времени цинкования и снижения расхода насыщающих компонентов исследуется влияние различных защитных атмосфер, вакуума и применения псевдоожиженных насыщающих сред [2,3]. Существенное внимание уделяется повышению технологичности насыщающих смесей и снижению в их составе вредных активаторов [4].

Анализ свойств цинковых покрытий (диффузионных слоев) и условий их применения в различных областях промышленности показывает, что цинковые покрытия должны обладать не только повышенной коррозионной стойкостью, но также быть устойчивыми к абразивному изнашиванию и иметь высокую степень сцепления с поверхностью защищаемого изделия. С учетом этого, следует принять во внимание и данные источника [5,6], где авторы приводят примеры многокомпонентного цинкования с добавлением различных примесных элементов. Присутствие Al, Cu, Ti, Mg и других элементов оказывает положительное влияние на механические характеристики диффузионных слоев и, что наиболее важно, на коррозионную стойкость слоя в целом. Такие слои обладают в 2 – 2,3 раза более высокой коррозионной стойкостью по сравнению с однокомпонентными цинковыми слоями [5]. При легировании цинковых слоев алюминием, медью и титаном наблюдалось уменьшение хрупкости цинковых слоев в 1,1 – 1,3 раза, а так же повышение их износостойкости в 1,2 – 1,3 раза [5].

В последнее время все большую актуальность приобретает цинкование длинномерных изделий [7]. К одним из перспективных направлений в данной сфере промышленности, помимо термодиффузионного цинкования, следует так же отнести процессы газотермического напыления цинка в совокупности с последующей термообработкой, что позволит получать слои повышенной прочности и износостойкости. Предполагается, что данный метод цинкования будет наиболее перспективен при обработке длинномерных изделий с большой площадью поверхности.

Основными направлениями, касающимися интенсификации процессов цинкования, является использование высокопроизводительных методов нагрева (индукционный нагрев), возможность применения индукционного нагрева на всем протяжении процесса цинкования (особенно актуально для длинномерных изделий) а так же создание технологий, позволяющих выгодно применять рекристаллизационные процессы (предварительный наклеп металла, прокатка, дробеструйная обработка).

Таким образом, исследование и совершенствование данных методов цинкования представляет наибольший интерес с точки зрения создания высокоэффективных, энергосберегающих и экологически безопасных технологий защиты металлов от коррозии.

### **Литература**

1. Е.В. Проскуркин, Н.С. Горбунов, Диффузионные цинковые покрытия, Москва, Металлургия 1972, 248с.
2. Ю.А. Баландин, А.С. Колпаков, Е.В. Жаров, Диффузионное комплексное цинкование в виброкипящем слое как способ повышения коррозионной стойкости деталей машин. // Автомобильная промышленность, 2006, №11 С. 31-32.
3. В.И. Муравьев, П.В. Бахматов, А.А. Евстегнеев, А.А. Дебеляк, Интенсификация процессов диффузионного легирования металлами и металлоидами поверхностных слоев деталей из конструкционных материалов. // Упрочняющие технологии и покрытия. 2009, №6 С. 28-38.
4. Р.Г. Галин, А.Л. Ворошнин, Новая технология изготовления порошковых насыщающих смесей для диффузионного цинкования. // Металловедение и термическая обработка металлов, 1996, №1 С. 21-25.
5. Ю.А. Баландин, А.С. Колпаков, Е.В. Колпаков, Диффузионное многокомпонентное цинкование стали 40Х в виброкипящем слое // Металловедение и термическая обработка металлов, 2009, №1 С. 46-49.

6. Itzhak Rosenthul, Коррозионностойкое диффузионное полиметаллическое покрытие и метод его нанесения, Патент, US, 7241350 C23C2/00, 10.07.2007.

7. Е.В. Проскуркин, И.В. Петров, Инновационная технология цинкования “Неоцинк” – новые возможности для защиты от коррозии длинномерных металлических изделий и конструкций. // Национальная металлургия, 2009, С. 72-77

621.735.042

### **Исследование окалинообразования в процессе изготовления поковок при различных типах нагрева**

Магистрант Гуринович А.С.

Научный руководитель – Михлюк А.И.

Белорусский национальный технический университет

г. Минск

В целях снижения образования окалины, влияющей на качество и стоимость выпускаемой продукции, в условия кузнечно-штампового производства ОАО «МАЗ» были проведены исследования по определению величин её образования при различных типах нагрева.

Исследования проводились на следующем оборудовании:

- газовая печь для нагрева заготовок перед ковкой без автоматизированной системы управления работы горелок 1975 г. выпуска производства «МАЗ»;

- газовая печь для нагрева заготовок перед ковкой ПНП-300 с автоматизированной системой управления горелок 2009 г. выпуска;

- кузнечной индукционный нагреватель (КИН) для нагрева заготовок Ø40...60 мм.

Нагреву подвергались заготовки из углеродистой стали Ст3, содержащей 0,02% Сr, 0,05 % Ni, 0,02 % Сu и хромоникелевой стали 20ХНЗА, содержащей 0,78 % Сr, 2,88% Ni, 0,14% Сu.

Во время нагрева в газовых печах определялся коэффициент избытка воздуха (1,05; 1,25; 1,45), температура (1250-1300 С<sup>0</sup>), продолжительность нагрева заготовки (3 часа).

Следует отметить, что регулировка соотношения газ-воздух (коэффициент избытка воздуха) в газовой печи для нагрева 1960 г. выпуска затруднительна.

Газовая печь для нагрева заготовок перед ковкой ПНП-300 оснащена автоматизированной системой управления газовыми горелками, архивом режима нагрева заготовок, автоматизированной системой подачи заготовок.

В кузнечном индукционном нагревателе одновременно находится 12 заготовок, расположенных одна за другой. Темп нагрева заготовки – 14 сек. Время нагрева одной заготовки осуществляется в течение 168 с. Время нахождения заготовки в интервале температур более 570 °С составляет 70 сек.

Результаты исследований

При нагреве в газовых печах производства «МАЗ» и ПНП-300 на поверхности углеродистой стали образуемая окалина не сохраняется при всех значениях коэффициента избытка воздуха. Толщина отделившейся окалины на углеродистой стали максимальна.

При нагреве в газовых печах производства «МАЗ» и ПНП-300 на поверхности легированной стали образовалась плотная «прилипшая» окалина. При коэффициенте избытка воздуха 1,45 толщина окалины минимальна.

При одинаковых режимах нагрева толщина образовавшейся окалины в печи производства «МАЗ» превышает значения образовавшейся окалины при нагреве в печи ПНП-300 в 1,6 раза. Это связано с тем, что регулировка и поддержание требуемых параметров печи производства «МАЗ» осуществляется вручную и требует постоянного контроля со стороны рабочих-кузнецов.

Коэффициент избытка воздуха 1,45 способствует уменьшению потерь металла на окисление на 20 и 40% для углеродистой и легированной сталей соответственно по сравнению с потерями при нагреве с коэффициентом избытка воздуха 1,25.

Наименьшая толщина образовавшейся окалины была получена при нагреве заготовок в КИН-е, что связано с ускоренным нагревом.

Заключение:

Установлено, что автоматизация процессов нагрева в газовой нагревательной печи позволяет уменьшить величину окалины до 30 %. Также величина коэффициента воздуха 1,45 снижает окалинообразование на 20 % для углеродистой и на 50 % для хромоникелевой стали по сравнению с коэффициентом избытка воздуха 1,25. Наименьшая толщина окалины была получена при нагреве заготовок в КИН-е.