

СТРУЙНО-ПЕРИОДИЧЕСКИЙ МЕТОД ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОСТИ ЦИНКОВОГО ПОКРЫТИЯ ЖЕЛЕЗНЫХ ДЕТАЛЕЙ

Коледюк А.Б.¹, Балаева-Тихомирова Д.А.²,

¹студентка 2 курса ВГУ имени П.М. Машерова, г. Витебск, Республика Беларусь,

²учащаяся ГУО «Гимназия № 3 г. Витебска имени А.С. Пушкина»,

г. Витебск, Республика Беларусь

*Научные руководители – Балаева-Тихомирова О.М., канд. биол. наук, доцент,
Казакевич В.В. – учитель химии ГУО «Гимназия № 3 г. Витебска имени А.С. Пушкина»*

Ключевые слова. Цинковое покрытие, устойчивость, струйно-периодический метод.
Key words. Zinc coating, stability, jet-periodic method.

Коррозия приводит к уменьшению надежности в работе оборудования: аппаратов высокого давления, паровых котлов, металлических контейнеров, деталей для машин. Защита от коррозии на 80% обеспечивается правильной подготовкой поверхности, и на 20% качеством используемых лакокрасочных материалов, а также способом их нанесения. Для предотвращения коррозии в качестве конструкционных материалов применяют нержавеющие стали, цветные металлы. При добавлении небольшого количества хрома в сталь, на поверхности металла образуется оксидная плёнка. Активные методы борьбы с коррозией направлены на изменение структуры двойного электрического слоя. Применяется наложение постоянного электрического поля с помощью источника постоянного тока, напряжение выбирается с целью повышения электродного потенциала защищаемого металла. Другой распространенный метод – использование жертвенного анода, более активного материала, который будет разрушаться, предохраняя защищаемое изделие (например, цинка) [1].

Цель работы – оценить эффективность струйно-периодического метода для оценки устойчивости цинкового покрытия железных деталей.

Материал и методы. Исследование устойчивости цинкового покрытия железных деталей проводилось в мае 2024 года в условиях лаборатории ВГУ имени П.М. Машерова. В эксперименте тестировали 20 деталей 2 видов (крепежная деталь электронного спидометра и крепежное кольцо вольтметра).

Толщина покрытия данным методом определялась по продолжительности действия растворителя, подаваемого с определенной скоростью на поверхность контролируемой детали. Сущность струйно-периодического метода заключается в определении времени растворения покрытия под действием струи раствора, вытекающего из бюретки с определенной скоростью и падающего на поверхность детали. Раствор включает в себя (концентрация в г/100 см³): аммоний азотнокислый (NH₄NO₃) – 7, медь сернокислая (CuSO₄·5H₂O) – 0,7, Кислота соляная (HCl) – 7.

Прибор (бюретку) закрепляли с помощью штатива на расстоянии 4-5мм от испытываемой поверхности детали. Перед началом исследования измеряли температуру раствора, а в момент открывания крана включали секундомер. Продолжительность действия струи секундомером отмечали до тех пор, пока окраска поверхности не изменится. После изменения окраски закрывали кран и фиксировали затраченное время. Толщину покрытия определяли по формуле: $h = h_t \cdot t$ (мкм), где h_t – толщина покрытия, растворяемая за 1 секунду, в мкм (является табличным значением) [1]; t – время, затраченное на растворение покрытия, в секунду.

Весь цифровой материал обрабатывался в программах Microsoft Excel и Statistica.

Результаты и их обсуждение. Струйно-периодическим методом был нанесен раствор на детали двух видов (рисунок). Предварительно термометром была измерена температура раствора, которая составила 20 °С, исходя из этого толщина слоя цинкового покрытия h_t , растворяемая за 1 секунд составляет 0,645 мкм.

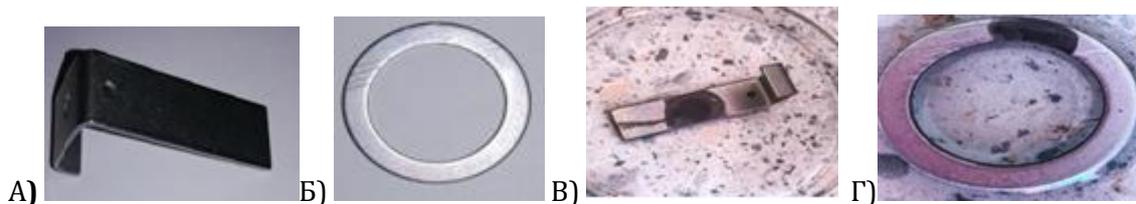


Рисунок – Детали до (А, Б) и после (Б, В) нанесения раствора, для удаления цинкового покрытия

После изменения окраски было зафиксировано затраченное время на каждую деталь, и вычислено среднее значение. Для крепежной детали электронного спидометра оно составило 23,80 с. Далее были проведены расчеты толщины покрытия: $h = h_t \cdot t = 0,645 \times 23,80 = 15,351 \text{ мкм}$ в секунду. Исходя из полученных данных (таблица), толщина покрытия деталей в среднем составляет 15,00 мкм, следовательно, толщина покрытия в лабораторных условиях рассчитана верно, с относительной погрешностью всего 2,34%.

Для крепежного кольца вольтметра среднее значение времени появления потемнения составило 10,10 с. Толщина покрытия составляет: $h = h_t \cdot t = 0,645 \times 10,10 = 6,515 \text{ мкм}$ в секунду. Исходя из характеристик деталей толщина покрытия в среднем составляет 6,00 мкм, следовательно, разница в результатах составила 0,515 мкм, с относительной погрешностью всего 8,64%.

Цинковое покрытие имеет высокую коррозионную стойкость в атмосферной среде. Однако, коррозия усиливается при переходе pH среды в кислую и слабокислую область. Источником подкисления в естественных условиях является углекислый газ и образующаяся из него угольная кислота. Угольная кислота может находиться в воде в виде растворенного газа CO_2 и недиссоциированных молекул H_2CO_3 или ионов HCO_3^- и CO_3^{2-} . Она разрушает образующуюся на поверхности цинка оксидно-карбонатную пленку и тем самым усиливает коррозию цинка. С повышением температуры воды скорость коррозии цинка увеличивается.

Моделирование процесса разрушения цинкового покрытия с помощью специального раствора способствует определению времени разрушения покрытия с различной толщиной и влиянию формы детали на скорость. Использование струйно-периодического метода доказало свою эффективность для оценки устойчивости цинкового покрытия железных деталей в условиях лаборатории, поскольку погрешность определения была незначительная и составила от 2,34 – 8,60%.

Таблица – Характеристика экспериментальных деталей ($M \pm m$)

| Детали | Толщина детали (мм) | Толщина покрытия (мкм) | Время, затраченное на растворение покрытия (сек) | Толщина покрытия, в условиях лаборатории (мкм) | Погрешность (%) |
|---|---------------------|------------------------|--|--|------------------|
| Крепежная деталь электронного спидометра (n=10) | $1,02 \pm 0,0001$ | $15,00 \pm 0,015$ | $23,80 \pm 0,005$ | $15,351 \pm 0,002$ | $2,34 \pm 0,002$ |
| Крепежное кольцо вольтметра (n=10) | $1,01 \pm 0,0001$ | $6,00 \pm 0,003$ | $10,11 \pm 0,002$ | $6,515 \pm 0,001$ | $8,6 \pm 0,003$ |

Заключение. Таким образом, полученные результаты расширяют теоретические данные о механизмах разрушения металлов при различных условиях, этапах процесса оцинковки и коррозионной стойкости цинкового покрытия, позволяют моделировать процессы, протекающие при коррозии и оценивать методы защиты металлов. Также проведена оценка коррозионной стойкости оцинкованных железных деталей и значимости использования оцинкованных деталей для снижения экологических и экономических негативных воздействий на окружающую среду в процессе производства и эксплуатации.

1. Хохлачева, Н.М. Коррозия металлов и средства защиты от коррозии: учебное пособие / Н.М. Хохлачева, Е.В. Ряховская, Т.Г. Романова. – М.: ИНФРА-М, 2016. – 118 с.