Н. А. Кидалов¹, Е. В. Фомина¹, В. Н. Томов², Ю. В. Гребнев¹, В. А. Гурьев³

**СПОСОБ ИЗМЕРЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОЙ ТОЛЩИНЫ
ТЕРМОДИФфуЗИОННЫХ ЦИНКОВЫХ ПОКРЫТИЙ
НА ИЗДЕЛИЯХ ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ**

¹ Волгоградский государственный технический университет

² ООО «Протек», ³ ООО «Волнар»

e-mail: lp@vstu.ru

Разработан способ измерения эффективной толщины термодиффузионных цинковых покрытий на изделиях из алюминиевых сплавов. Предложенный способ позволяет по установленному предельному номинальному значению базового параметра оперативно и с высокой точностью определять эффективную толщину покрытий после термодиффузионного цинкования не только на изделиях из цветных сплавов, но и сталей аустенитного класса.

Ключевые слова: термодиффузионное цинкование, эффективная толщина диффузионного покрытия, базовый параметр.

N. A. Kidalov¹, E. V. Fomina¹, V. N. Tomov², Yu. V. Grebnev¹, V. A. Guriev³

**THE METHOD OF MEASURING AN EFFECTIVE THICKNESS OF THERMO-DIFFUSION
ZINC COATING OF ITEMS MADE FROM ALUMINIUM ALLOYS**

¹ Volgograd State Technical University,

² ООО «Protek», ³ ООО «Volnar»

There has been developed a method to measure an effective thickness of thermo-diffusion zinc coating of items made from aluminium alloys. According to set rated limiting value of a base parameter the suggested method allows accurately and effectively determining an effective thickness of coatings after the process of thermo-diffusion zinc coating not only on the items from nonferrous alloys but also from austenite steel.

Keywords: thermo-diffusion zinc coating, effective thickness of diffusion coating, base parameter.

Введение

Одним из важных показателей качества диффузионного слоя, полученного при различных видах химико-термической обработки, в том числе и термодиффузионном цинковании, наряду с внешним видом, твердостью, прочностью сцепления и коррозионной стойкостью, является его общая и эффективная толщина.

При контроле качества химико-термической обработки чаще всего принимают во внимание эффективную толщину диффузионного слоя, которая составляет часть общей толщины диффузионного слоя и определяется кратчайшим расстоянием от поверхности насыщения до мерного участка, характеризуемого установленным предельным номинальным значением базового параметра [1]. За базовый параметр, в данном случае, может выбираться концентрация определенного компонента химического состава, свойство или структурный признак. Эффективная толщина диффузионного слоя, согласованный способ ее определения и предельное номинальное значение базового параметра указываются в нормативно технической документации на конкретные изделия.

Существующие методы измерения толщин диффузионных слоев, полученных различными способами, постоянно совершенствуются, область их применения расширяется, разрабатываются новые методы, более совершенные, чем имеющиеся или позволяющие проводить измерения в том случае, когда другие методы не приемлемы или малоэффективны.

Состояние вопроса

В процессе отработки на производственной базе ООО «Протек» (г. Копейск) технологии термодиффузионного цинкования изделий из алюминиевых сплавов, несмотря на достаточно хорошую оснащенность предприятия экспериментальным оборудованием, при определении эффективной толщины диффузионного покрытия, возник ряд проблем, связанных с особенностями фазово-структурного состава и физико-химических свойств композиции «покрытие-алюминиевый сплав».

Так, например, стандарт [2] устанавливает методы контроля, в том числе, и измерение толщины, только для покрытий, получаемых электрохимическим, химическим и горячим (для олова и его сплавов) способами.

Магнитный метод определения толщины диффузионного цинкового покрытия, рекомендованный стандартом [3] в качестве основного,

может быть использован только для контроля общей толщины немагнитных покрытий, сформированных на магнитной основе, например, стали и чугуна.

Использование металлографического метода, рекомендованного в качестве арбитражного стандартом [3], основанного на измерении толщины покрытия на поперечных протравленных микрошлифах при помощи оптического микроскопа по различию фазово-структурного состояния покрытия и основного металла также выявило ряд проблем, особенно при точном определении эффективной толщины покрытия по базовому структурному параметру. Установлено, что в данном случае необходимо наличие современного оборудования с программным обеспечением.

Целью настоящей работы является разработка метода определения эффективной толщины диффузионного покрытия на изделиях из алюминиевых сплавов после термодиффузионного цинкования.

Методика проведения исследования

Нанесение диффузионных цинковых покрытий на образцы размером 70x20x20 мм, изготовленные из литейного алюминиевого сплава АЛ2, осуществляли на производственной базе ООО «Протек» (г. Копейск) в печи фирмы «Distec».

Для получения различной толщины диффузионных покрытий время цинкования составляло 40 и 90 минут.

Образцы изготавливали на плоскошлифовальном станке с ЧПУ с вертикальной подачей шлифовальной головки 0,001 мм (1 мкм).

Плоский срез на поверхности образца с диффузионным покрытием подготавливался на пятикоординатном фрезерном центре с точностью установки угла наклона стола 0,0045 град. (16 с). Угол плоского среза назначался из условия выхода на поверхность всех фазово-структурных зон диффузионного покрытия с учетом его общей толщины.

В качестве предельного номинального значения базового параметра при определении эффективной толщины диффузионного покрытия выбрано содержание цинка в его структуре.

Определение содержания цинка по глубине диффузионного покрытия на поверхности плоского среза проводилось при помощи портативного рентгенофлуоресцентного спектрометра S1 TITAN.

Общую толщину диффузионного покрытия измеряли металлографическим методом на микроскопе ЛОМО МЕТАМ РВ-21.

Для определения возможности измерения по предельному номинальному значению базового параметра эффективной толщины диффузионного цинкового покрытия на образцах из алюминиевого сплава АЛ2 при помощи разработанного способа был проведен ряд экспериментов.

1. Температура цинкования 420–430 °С

Время цинкования 40 мин.

Общая толщина диффузионного покрытия 25 мкм (измерена металлографическим методом)

Угол плоского среза на диффузионном покрытии $\beta=3'$ ($\sin 3'=0.0009$)

Шаг сканирования (расстояние между мерными участками определения содержания цинка на поверхности плоского среза) – 3 мм.

2. Температура цинкования 420–430 °С

Время цинкования 90 мин.

Общая толщина диффузионного покрытия 83 мкм (измерена металлографическим методом)

Угол плоского среза на диффузионном покрытии $\beta=6'$ ($\sin 6'=0.00166$)

Шаг сканирования (расстояние между мерными участками определения содержания цинка на поверхности плоского среза) – 5 мм.

Описание разработанного способа

Портативный рентгенофлуоресцентный спектрометр закрепляется на штативе. Образец поверхностью, противоположной поверхности плоского среза, устанавливается на предметный столик с возможностью его горизонтального перемещения в двух направлениях. В зависимости от поставленной задачи задается шаг сканирования вдоль поверхности плоского среза и на мерных его участках определяется содержание цинка.

Расчет расстояния от поверхности насыщения диффузионного покрытия до контролируемого мерного участка на плоском срезе производится по формуле: $h_n = c \cdot \sin \beta$, где h_n – кратчайшее расстояние от поверхности насыщения до контролируемого мерного участка на плоском срезе; c – расстояние от начала плоского среза до контролируемого участка на плоском срезе; β – угол плоского среза.

На рисунке показан образец и основные его характеристики для определения эффективной толщины диффузионного покрытия: 1 – алюминиевый сплав; 2 – общая толщина диффузионного покрытия; c – поверхность плоского среза; β – угол плоского среза.

Пример определения эффективной толщины диффузионного покрытия

Для обеспечения максимальной эксплуатационной надежности центральных распределительных блоков опреснительных установок, работающих в морской воде и изготовленных из алюминиевого сплава эффективная толщина диффузионного цинкового покрытия (по требованию Заказчика) должна быть не менее 20 мкм.

Многочисленными исследованиями установлено, что для данных условий эксплуатации содержание цинка в покрытии до глубины 20 мкм должно быть не менее 17 % (предельное номинальное значение базового параметра). При меньшем содержании цинка снижается коррозионная стойкость и установленный

ресурс опреснительных установок.

В табл. 1 и 2 приведены результаты определения по предельному номинальному значению базового параметра эффективной толщины диффузионного покрытия после различных режимов термодиффузионного цинкования образцов из литейного алюминиевого сплава АЛ2

Из табл. 1 видно, что при термодиффузионном цинковании образцов в течение 40 минут эффективная толщина диффузионного покрытия при установленном ее значении в 20 мкм и предельном номинальном значении базового параметра (содержание цинка не менее 17 %), составляет всего 10,8 мкм, а значит, не соответствует установленным нормам.

Таблица 1

**Эффективная толщина диффузионного покрытия
после термодиффузионного цинкования в течение 40 минут**

№ п/п	Расстояние от начала плоского среза до контролируемого мерного участка, C_n , мм	Расстояние от поверхности насыщения до контролируемого мерного участка, h_n , мкм	Содержание цинка, %
Угол плоского среза $\beta-3'$			
1	—	поверхность насыщения	25,3
2	3	2,7	22,8
3	6	5,4	20,5
4	9	8,1	18,1
5	12	10,8 (эффективная толщина диффузионного покрытия)	17,2
6	15	13,5	13,7
7	18	16,2	11,8
8	21	18,9	7,2

Таблица 2

**Эффективная толщина диффузионного покрытия
после термодиффузионного цинкования в течение 90 минут**

№ п/п	Расстояние от начала плоского среза до контролируемого мерного участка, C_n , мм	Расстояние от поверхности насыщения до контролируемого мерного участка, h_n , мкм	Содержание цинка, %
Угол плоского среза $\beta-6'$			
1	—	поверхность насыщения	31,2
2	5	8,3	27,4
3	10	16,6	25,1
4	15	24,9	22,8
5	20	33,2 Эффективная толщина диффузионного покрытия	17,3
6	25	41,5	15,2
7	30	49,8	11,8

Из табл. 2 видно, что при термодиффузионном цинковании образцов в течение 90 минут эффективная толщина диффузионного покрытия при установленном ее значении в 20 мкм и предельном номинальном значении базового параметра (содержание цинка не менее 17 %), составляет 33,2 мкм, а значит, соответствует установленным нормам.

Разработанный способ измерения эффективной толщины термодиффузионного цинкового покрытия внедрен на предприятии ООО «Протек» (г. Копейск) и успешно используется для измерения данного параметра на изделиях,

изготовленных из алюминиевых, магниевых и титановых сплавов, а также сталей аустенитного класса.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 20495–75 Упрочнение металлических деталей поверхностной химико-термической обработкой. Характеристики и свойства диффузионного слоя. Термины и определения. – М. : Издательство стандартов, 1975. – 9 с.
2. ГОСТ 9.302–88 Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Методы контроля. – М. : Издательство стандартов, 1988. – 40 с.
3. ГОСТ 9.316–2006 Покрытия термодиффузионные цинковые. Общие требования и методы контроля. – М. : Стандартинформ, 2006. – 12 с.