сопоставления величин абсцисс точек D и C: за активное ограничение принимается та из кривых 1 или 3, точка пересечения которой с кривой AD и CD расположена правее.

1. Ключев В.И. Теория электропривода: Учебник для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 560 с.
2. Ратнер Н.И. Расчет электроприводов в случайных режимах. – Л.: Энергия, 1969. – 126 с.
3. Следящие приводы. В 2-х кн. / Под ред. Б.К. Чемоданова. – М.: Энергия, 1976 – 480 и 384 с.
4. Шенфельд Р., Хабигер Э. Автоматизированные электроприводы: Пер. с нем. / Под ред. Ю.А. Борцова. – Л.: Энергоатомиздат, 1985. – 464 с.

Мямин С.В.

**Исследование процессов алитирования стали в алюминиевом расплаве
легированном железом**

*ФГБОУ ВО Тольяттинский государственный университет
(Россия, Тольятти)*

doi: 10.18411/lj-09-2019-15

idsp: ljournal-09-2019-15

Аннотация

Для уменьшения эрозии стальных изделий при жидкофазном алитировании предложено легировать алюминиевый расплав железом. Проведены исследование процессов алитирования стали в алюминиевом расплаве легированном до 5% железа. Установлено влияние легирования железом алюминиевого расплава на структуру алитированного слоя на углеродистых сталях.

Ключевые слова: Алитирование, алюминий, углеродистая сталь, легирование, железо, интерметаллидный слой.

Abstract

To reduce the erosion of steel products during liquid-phase aluminization, it is proposed to alloy aluminum melt with iron. A study of the processes of steel aluminization in an aluminum melt alloyed to 5% iron was carried out. The effect of iron alloying of aluminum melt on the structure of the aluminized layer on carbon steels is established.

Keywords: Alification, aluminum, carbon steel, alloying, iron, intermetallic layer.

Введение

Алитирование широко применяется для повышения жаростойкости, коррозионной стойкости и эрозионной стойкости стальных деталей машин, работающих в экстремальных условиях [1-4]. Высокие показатели стойкости при различных условиях эксплуатации алитированных деталей обеспечивают формированием на поверхности стали интерметаллидного слоя с уникальным сочетанием механических и эксплуатационных свойств [5-7]. Из большого многообразия способов алитирования наиболее широко промышленно освоены три способа: алитирование в порошкообразных смесях, алитирование в ваннах с жидким алюминием, металлизация поверхности деталей с последующим диффузионным отжигом [2-4].

Одним из самых простых, универсальных методов алитирования является жидкофазное в алюминиевом расплаве. К недостатком жидкофазного способа является растворение поверхности стальных изделий в алюминиевой ванне. Для уменьшения растворения алюминиевый расплав легируют железом.

Целью работы является исследование процессов формирования алитированного слоя при легировании алюминиевого расплава железом.

Методика исследования

Для исследования процессов алитирования в легированной железом алюминиевой ванне использовали стальные пластины 25x50 мм толщиной 1 мм. Пластины предварительно обезжиривали и подвергали травлению. Для активации процессов алитирования использовали флюс на основе системы KF-AlF₃ эвтектической концентрации (флюс Nocoloc), который широко применяется при пайке, сварке, литье алюминия и получения слоистых композиционных материалов с алюминием и алюминидами [4,8].

Плавку алюминия проводили в печи сопротивления с графитовым тиглем. В качестве шихтовых материалов использовали сталь 20 и алюминий А7. Плавку вели под слоем покровного флюса на основе натриевого криолита. Пластины, покрытые слоем активирующего флюса, окунали в алюминиевый расплав и выдерживали не более 5с. Температура алитирования изменялась от 750 до 950 °С. Содержание железа в алюминиевом расплаве изменили в пределах 0-5%.

Исследования структуры и химического состава алитированного слоя проводились методами растровой электронной микроскопии в условиях ОАО «АВТОВАЗ» на комплексе сканирующего электронного микроскопа LEO 1455 VP (ZEISS, Германия) с блоками рентгеновского энергетического спектрометра INCA Energy-300 и рентгеновского волнового спектрометра INCA Wave-500. Микротвердость покрытия определяли с помощью микротвердомера ПМТ-3М.

Результаты и обсуждения

Проведенные исследования показали, что легирование железом алюминиевого расплава при жидкофазном алитировании снижает эрозию образцов, что наблюдалось при их осмотре. Особенно значительно снижается эрозия образцов при наиболее высоких температурах расплава при алитировании.

При температурах алитирования 750 °С на стальных образцах формировалось алюминиевое покрытие с промежуточным интерметаллидным слоем (рисунок 1). Толщина алюминиевого слоя при алитировании без легирования железом расплава составляла 55-65 мкм, а при легировании железом в количестве 2,5-5 % толщина алюминиевого слоя составляет 15-25 мкм. Интерметаллидный слой имеет «языкообразную» форму [1]. Толщина интерметаллидного слоя при алитировании в алюминиевом расплаве без легирования железом доходит до 50 мкм, а при легировании в указанных количествах железом составляла до 45 мкм (рисунок 2). Интерметаллидный слой состоит из двух слоев. Со стороны алюминия формируется слой содержащий 60-62% алюминия, что соответствует, исходя из диаграммы состояния системы алюминий-железо, области существования фазы Fe₃Al, а со стороны железа слой содержит 52-56% алюминия, что соответствует области существования фазы Fe₂Al₅ [9,10]. Толщина слоя на основе фазы Fe₃Al составляет 1-2 мкм.

При повышении температуры алитирования до 850 °С образцы не содержат алюминиевого слоя. Алитированный слой представлен однофазной структурой на основе интерметаллида Fe₂Al₅ (рисунок 1). Толщина алитированного слоя изменяется в пределах 42-88 мкм в зависимости от концентрации железа в алюминиевом расплаве (рисунок 2). Алитированный слой при этом отличался более равномерной толщиной и меньшей «языкообразностью» формы. Легирование железом расплава до 5% снижает толщину алитированного слоя на 15-20%.

Рисунок 1 – Структура алитированной стали: а) температура алитирования 750 °С; расплав алюминия не легирован железом; б) температура алитирования 750 °С; расплав алюминия легирован 5% железа; в) температура алитирования 850 °С; расплав алюминия не легирован железом; б) температура алитирования 850 °С; расплав алюминия легирован 5% железа

Алитировании в расплаве при 950 °С позволяет сформировать слой интерметаллидной фазы Fe_2Al_5 толщиной 66-94мкм. Легирование алюминиевого расплава железом так же уменьшает толщину алитированного слоя. Алитированный слой отличается равномерной толщиной по поверхности стали и отсутствием «языкообразности» формы.

Рисунок 2 – Зависимость толщины алитированного слоя от температуры алюминиевого расплава: 1- расплав не легирован; 2- расплав легирован 2% железа; 3- расплав легирован 5% железа

Выводы:

1. Проведенные исследования показали, что легирование алюминиевой ванны железом до 5% при жидкофазном алитировании стали уменьшает эрозию поверхности изделий.
2. Легирование алюминиевого расплава железом до 5% при жидкофазном алитировании снижает толщину интерметаллидного слоя на 10-20%.

1. Рябов, В. Р. Алитирование стали / В.Р. Рябов. – М.: Металлургия, 1973. – 239 с.
2. Борисенко, Г.В. Химико-термическая обработка металлов и сплавов. Справочник/ Г.В. Борисенко, Л.А. Васильев, Л.Г. Ворошнин и др. – М.: Металлургия, 1981. – 424 с.
3. Ильин В.А., Панарин, А.В. Алюминиевые покрытия и способы их получения / В.А. Ильин, А.В. Панарин// Авиационные материалы и технологии. №4, 2014. С.37-42
4. Ковтунов, А.И., Мямин, С.В. Жидкофазные способы производства слоистых композиционных материалов: монография/ А.И. Ковтунов, С.В. Мямин. – Тольятти: Изд-во ТГУ, 2016. – 136 с.
5. Ковтунов, А.И., Сидоров, В.П., Бородин, М.Н., Чермашенцева Т.В. О возможности использования наплавов системы железо-алюминий в качестве износостойких покрытий// Тяжелое машиностроение/ №12. с.12-13. 2007г
6. Колачев, Б.А., Елагин, В.И., Ливанов, В.А. Металловедение и термическая обработка цветных металлов и сплавов. М.: МИСИС, 2005. 432 с.
7. Ковтунов, А.И., Чермашенцева, Т.В. Исследование эксплуатационных свойств наплавленных сплавов на основе системы железо-алюминий/ А.И. Ковтунов, Т.В. Чермашенцева // Вопросы материаловедения. №3, 2012. С.91-96.
8. Шашкин О.В. Вакуумная контейнерная пайка титановых и титано - алюминиевых конструкций припоями на основе алюминия: дис. канд. тех. наук: (27.10.2006)/ Шашкин Олег Валентинович; ТГУ – Тольятти., 2006. – 164 с.
9. Лякишев, Н.П. Диаграммы состояния двойных металлических систем: Справочник: В 3т.: Т.1/ Под общ. Ред. Н.П. Лякишева. -М.: Машиностроение, 1996. -992 с.
10. Кубашевски, О. Диаграммы состояния двойных систем на основе железа / О. Кубашевски.; пер. с англ. – М. : Металлургия, 1985. – 184 с.

Панычев А.П., Шавнина М.В., Зимина Д.Д.

Особенности определения некоторых показателей торможения рабочей и стояночной тормозной системы при проверке автотранспорта на роликовых стендах

*ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет»
(Россия, Екатеринбург)*

doi: 10.18411/lj-09-2019-16

idsp: ljjournal-09-2019-16

Аннотация

Изложенный в статье материал относится к технологии проведения периодических технических осмотров (ПТО) колёсных транспортных средств (КТС). Назначением ПТО служит предотвращение эксплуатации транспортных средств, по своему техническому состоянию не соответствующих требованиям безопасности, установленными правовыми актами.

Ключевые слова: тормозная система, снаряженная масса, роликовый стенд, максимальная масса, экспериментальные исследования, удельная тормозная сила.

Abstract

The material presented in the article refers to the technology of periodic technical inspections (VET) of wheeled vehicles (CTS). The purpose of VET is to prevent the operation of vehicles that do not meet the safety requirements established by legal acts due to their technical condition.