

УДК 669.715

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ СЛС СПЛАВА СИСТЕМЫ AL-SI-MG

Татьяна Николаевна Еровенкова

*Магистр 2 года**кафедра «Материаловедение»**Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана,**Национальный исследовательский университет (МГТУ им. Н. Э. Баумана),**Научный руководитель: Юрий Александрович Пучков**Кандидат наук, Доцент, МГТУ им. Н.Э. Баумана, кафедра "Материаловедение"*

Сплавы алюминия являются одними из наиболее перспективных материалов в рассматриваемых областях техники ввиду их высоких прочностных показателей при относительно невысоких весовых и стоимостных параметрах. Немаловажно, что в своем большинстве алюминиевые сплавы пригодны к реализации технологии селективного лазерного сплавления (СЛС), обеспечивающей послойное формирование изделий уникальной конструкции [1].

Цель настоящей работы - исследование структуры и свойств сплава AlSi10MgCu. В работе приведены исследования стойкости сплава к общей, питтинговой и межкристаллитной коррозии.

Объектом исследования служили образцы материала, полученные по технологии селективного лазерного сплавления (СЛС) на установке ConceptLaser X-Line 2000R из порошка АСП-25 AlSi10Mg (См. табл. 1), произведённого ОК «РУСАЛ» методом газовой атомизации.

Таблица 1. Химический состав сплава AlSi10MgCu, % (мас.)

Al	Si	Mg	Fe	Cu	Mn	Zn	Ti
Ост.	9.0 – 11.0	0.2 – 0.45	< 0.55	< 0.3	< 0.45	< 0.10	< 0.15

Выполнено сравнение коррозионного поведения сплава AlSi10Mg (СЛС) с аналогичным традиционным литейным сплавом АК9ч (литьё в землю). Алюминиевый сплав АК9ч относится к конструкционным сплавам с высокими литейными свойствами и удовлетворительной коррозионной стойкостью. Сплавы подверглись термической обработке по режиму Т6 – закалка 535°C (охлаждение в воде + старение 175 °С (12 часов, охлаждение на воздухе).

Для исследования коррозионной стойкости СЛС сплава AlSi10Mg в водном растворе NaCl применяли вольтамперометрический метод. Значения поляризационного сопротивления R_p , плотности коррозионного тока $j_{кор}$ и линейного показателя коррозии $K_{П}$ рассчитаны методом поляризационного сопротивления по методике, изложенной в стандарте ASTM G102 [2].

Также исследования образцов проводились по стандарту G100-89 [3]. В этом методе испытаний восприимчивость к локальной коррозии алюминия обозначается защитным потенциалом (E_{prot}) поляризацией. Чем выше этот потенциал, тем менее восприимчив сплав к возникновению локальной коррозии. Потенциал коррозии (E_b) и защитный потенциал (E_{prot}), определяемые данным методом коррелируют с результатами испытаний на коррозию с постоянным потенциалом для алюминия.

Ускоренные испытания на межкристаллитную коррозию проводили по ГОСТ 9.021-74 [4] в растворе, полученным растворением в 1 литре воды 30 г/л хлористого натрия и 10 мл/л соляной кислоты плотностью 1,19 г/см³, температура раствора 22 °С, продолжительность испытания 24 ч.

Результаты Исследований и их обсуждение

Расчеты методом поляризационного сопротивления показали (См. табл.2), что значения плотности коррозионного тока $j_{кор}$ и линейный показатель коррозии K_n образца из AlSi10MgCu после термической обработки ниже, чем для отожжённого и для образца из АК9ч.

Таблица 2. Показатели коррозии образцов из СЛС сплава AlSi10MgCu в сравнении с аналогичным литейным сплавом АК9ч в 0,3% водном растворе NaCl

Сплав	R_p , Ом	$j_{кор}$ мкА/см ²	K_n , мкм/год
СЛС AlSi10MgCu T6	18273	0.87	9.5 (4) весьма стойкий
СЛС AlSi10MgCu без ТО	15100	1.059	12 (3) стойкий
АК9ч T6	6096	2.63	29 (3) стойкий

Для анализа коррозионных свойств был применен стандарт G 100-89. В результате исследований были построены лестничные кривые зависимости потенциала от времени. Для испытаний был применен токовый ступенчатый сигнал от 0 до 120 мкА/см² с шагом 20 мкА/см² через интервалы времени 2 минуты. В результате экстраполяции кривых были определены потенциал пробоя E_b и потенциал защиты E_{prot} (См. табл.3).

Таблица 3. Показатели E_b и E_{prot} образцов из сплава AlSi10MgCu и АК9ч в 0,03% водном растворе NaCl.

Сплав	E_b , мВ	E_{prot} , мВ
СЛС AlSi10MgCu T6	-361	-410
СЛС AlSi10MgCu без ТО	-350	-380
АК9ч T6	-375	-411

Выводы:

1. По десятибалльной шкале коррозионной стойкости сплав AlSi10MgCu оценивается, как весьма стойкий с баллом коррозии 4 и показателем линейной скорости коррозии $K_n = 9.5$ мкм/год.
2. Для исследования коррозионной стойкости был внедрен стандарт ASTM G100-89, по литературным данным не применявшийся в отечественной практике. СЛС сплав AlSi10MgCu в независимости от термической обработки имеет более высокие показатели E_b и E_{prot} по сравнению с АК9ч.
3. Испытания на межкристаллитную коррозию по ГОСТ 9.021-74 показали, что СЛС сплав AlSi10MgCu после термической обработки T6 устойчив к данному виду коррозии. В исходном состоянии сплава глубина проникновения МКК составила 80,1 мкм.

Литература

1. Патент № 2717441. Алюминиевый сплав для аддитивных технологий: № 2019103463: заявл. 21.05.2018; опубл. 23.03.2020/ В. Х. Манн, А. Ю. Крохин, Р. О. Вахромов, Д. К. Рябов, В. А. Королев, Д. В. Цисарь ; заявитель, патентобладатель Общество с ограниченной ответственностью "Объединенная Компания РУСАЛ Инженерно-технологический центр" (RU) – 11 с.
2. ASTM G102-2015. Standard Practice for Calculation of Corrosion Rates and Related Information from Electrochemical Measurements. URL: <http://www.astm.org>.
3. ASTM G100-89. Standard Test Method for Conducting Cyclic Galvanostaircase

Polarization1.

4. ГОСТ 9.021-74. Единая система защиты от коррозии и старения. Алюминий и сплавы алюминиевые. Методы ускоренных испытаний на межкристаллитную коррозию. Введ. 1975-01-01. М.: Изд-во стандартов, 1993. 6 с.