

УДК 669.715

**ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ СТАРЕНИЯ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА  
СПЛАВОВ AL-SI-MG-CU***Зорина Елизавета Дмитриевна <sup>(1)</sup>**Студентка 4 курса**кафедра «Материаловедение»**Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана**Научный руководитель: Ю. А. Пучков, кандидат технических наук, доцент кафедры  
«Материаловедение»*

**Введение.** Процесс селективного лазерного спекания (СЛС) является одним из перспективных направлений производства изделий с помощью аддитивных технологий. Технология СЛС обеспечивает получение заготовок, конфигурация которых практически идентична финальному изделию, что обеспечивает меньший расход материала на его изготовление. Нарастающее внимание к термически упрочняемым сплавам, применяемым в аддитивном производстве, обуславливает необходимость оптимизации технологии термической обработки, направленной на улучшение характеристик готовых изделий.

**Цель.** Оптимизировать режимы искусственного старения алюминиевого сплава системы Al-Si-Mg-Cu, полученного методом СЛС, для обеспечения наилучшего сочетания структурных характеристик и коррозионной стойкости.

**Материалы и методы исследования.** Исследован сплав системы Al-Si-Mg-Cu, полученный методом СЛС. Образцы подвергали закалке при 520 °С и искусственному старению при 160 °С с выдержкой 0–30 ч (0, 2, 8, 10, 15, 30 ч). Удельную электропроводность измеряли вихретоковым методом (прибор ВЭ-27НЦ/4-5). Коррозионное поведение изучали методом вольтамперометрии на потенциостате IPC Pro MF с электрохимической ячейкой (хлорсеребряный электрод сравнения, рабочий электрод); показатели коррозии рассчитывали по поляризационному сопротивлению. Испытания на межкристаллитную коррозию проводили по ГОСТ 9.021-74 в растворе 3% NaCl + 1% HCl, анализ поражений выполняли с помощью светового микроскопа.

**Результаты и обсуждения.** Рост удельной электропроводности с увеличением времени выдержки отражает процессы старения: выделение упрочняющих фаз снижает содержание легирующих элементов в пересыщенном твёрдом растворе (ПТР).

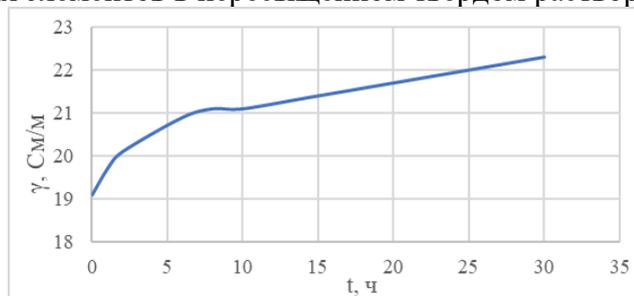


Рис. 1. Зависимость удельной проводимости от времени старения

Исследование процессов коррозии сплава методом вольтамперометрии, с последующей оценкой показателей, показал, что сплав в термически обработанном состоянии относится к группе весьма стойких. Было обнаружено, что при старении с временем выдержки 30 часов, сплав обладает сравнительно меньшей коррозионной стойкостью (Таблица 1).

Таблица 1. Характеристики коррозии

Коррозионные характеристики	Режим старения при $T = 160\text{ }^{\circ}\text{C}$		
	0 часов	10 часов	30 часов
Потенциал коррозии $E_{\text{корр}}$ , мВ	-312,1	-296,7	-301,3
Плотность коррозионного тока $i$ , мкА/см	0,254	0,217	0,494
Линейный показатель коррозии $K_L$ , мкм/год	2,77	2,36	5,39
Оценка коррозионной стойкости	Весьма стойкий, 2 балла	Весьма стойкий, 2 балла	Весьма стойкий, 3 балла

В работе Бенариеба И. и др. [3] методом ПЭМ показано, что в сплаве AlSi10MgCu (СЛС) после закалки и старения при  $175\text{ }^{\circ}\text{C}$  в объеме ячеек присутствуют мелкодисперсные игольчатые выделения, а по границам зёрен — более крупные частицы, образующиеся вследствие гетерогенного зарождения и ускоренной диффузии, что интенсифицирует распад пересыщенного твёрдого раствора алюминия при старении.

Выделение фаз по границам зёрен обуславливает склонность сплава к межкристаллитной коррозии в средах с галоид-ионами ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{I}^-$ ). После закалки со старением преобладает межкристаллитное разрушение по границам зёрен, тогда как при одной закалке доминирует питтинг в виде локальных углублений.

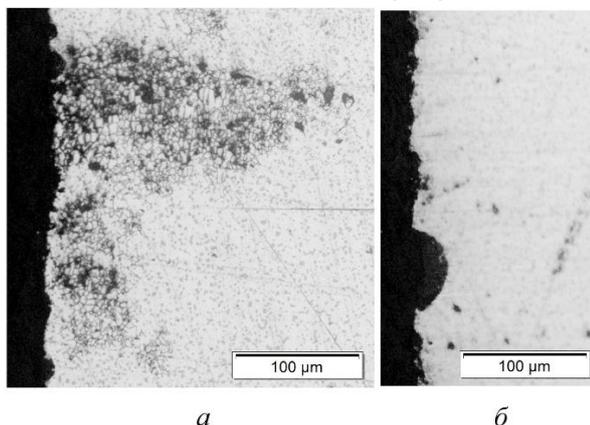


Рис.2. Коррозионные поражения после ускоренного испытания на МКК (x200)  
а – закалка, б – закалка и искусственное старение (30 часов)

**Заключение.** Установлено, что с точки зрения развития сплошной коррозии оптимальным режимом старения является выдержка в течение 10 часов, обеспечивающая минимальную линейную скорость коррозии (2,36 мкм/год). При этом более длительное старение способствует выделению фаз по границам зерен, что повышает склонность сплава к межкристаллитной коррозии.

#### Литература

1. Васильев В.Ю., Пустов Ю.А. Коррозионная стойкость и защита от коррозии металлических, порошковых и композиционных материалов: Учеб. пособие. - М.: МИСиС, 2005. 130 с.
2. Колачев Б.А., Елагин В.И., Ливанов В.А. Материаловедение и термическая обработка цветных металлов и сплавов: Учебник для вузов. - 4-е изд. - М.: МИСИС, 2005. 432 с.
3. Бенариеб И., Дынин Н.В., Кузнецова П.Е., Сбитнева С.В. Изменение структуры и механических свойств при термической обработке алюминиевого сплава AlSi10MgCu, полученного методом селективного лазерного сплавления // Технология легких сплавов. 2023. №4. С. 5-18. DOI:10.24412/0321-4664-2023-4-5-18

4. Сбитнева С.В., Лукина Е.А., Бенариеб И. Некоторые особенности структуры алюминиевых сплавов, полученных методом селективного лазерного сплавления (обзор) // Труды ВИАМ. 2023. № 1 (119). Ст. 06. URL: <http://www.viam-works.ru>. DOI: 10.18577/2307-6046-2023-0-1-69-83. (дата обращения 21.03.2026)