

## АЛЮМИНИЕВЫЕ СПЛАВЫ ДЛЯ СЕЛЕКТИВНОГО ЛАЗЕРНОГО ПЛАВЛЕНИЯ.

*А. А. Сапрыкин, к.т.н., доцент,  
Т. С. Гусева, аспирант гр. А2-21*

*Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр.Ленина,30,  
тел.(3822)-444-555*

*E-mail: [tsh2@tpu.ru](mailto:tsh2@tpu.ru)*

Алюминиевые сплавы широко используются во многих важных отраслях машиностроения, от аэрокосмической и автомобильной до морской и оборонной, благодаря их высокой удельной прочности, низкой плотности, пластичности, хорошей коррозионной стойкости и простоты обработки. Алюминий, по сравнению с железом, почти в три раза легче и является третьим по распространенности элементов на Земле. Изделия из алюминиевых сплавов получают традиционными способами литья и механической обработки, что ограничивает производство деталей сложной пространственной формы [1].

В настоящее время аддитивное производство произвело революцию в традиционной обрабатывающей промышленности, поскольку оно позволяет производить сложные по конструкции изделия не используя технологическую оснастку. Наиболее распространенной технологией аддитивного производства изделий из металлов является селективное лазерное плавление (СЛП).

СЛП является уникальным аддитивным методом, который заключается в создании различных изделий с помощью лазерного плавления металлического порошка по заданным САД–моделям. Методология СЛП заключается в выборочном сканировании слоя порошка и, следовательно, расплавлении порошка для построения компонента слой за слоем. Благодаря высокой точности изготовления селективное лазерное плавление считается наиболее многообещающим методом изготовления деталей сложной формы из металлов. Данная технология является экономически эффективной, быстрой и гибкой для производства сложных изделий с высокими механическими свойствами и хорошей плотностью, благодаря быстрому плавлению частиц порошка и быстрому затвердеванию расплава структура металла получается ультрамелкозернистой. Помимо этого, селективное лазерное плавление позволяет в кратчайшие сроки изготовить изделие, при относительно низком расходе используемого материала [2].

Обзор литературы показал, что различные металлические сплавы на основе Ni, Ti, Fe и Al были успешно использованы для селективного лазерного плавления и были достигнуты показатели прочности и пластичности материала намного выше чем при литье. Но, были выявлены сложности во время СЛП некоторых деформируемых алюминиевых сплавов, поскольку они были подвержены растрескиванию. Это говорит о том, что есть необходимость разработки новых систем алюминиевых сплавов специально для СЛП.

В своей работе Н. Кбау и др. [3] продемонстрировали возможность получения новых распыленных порошков Al-5,5Mg-0,2Sc для аддитивного производства. Порошки имели в основном сферическую форму с минимальным количеством сателлитов. Н. В. Дынин и др. [4] разработали алюминиевый сплав системы Al-10Si-0,9Cu-0,7Mg-0,3Zr-0,3Ce. Материал имеет хорошую скорость наращивания в процессе СЛП и позволяет формировать мелкодисперсную структуру с низким уровнем пористости. С. И. Чжоу и его соавторы [5] рассмотрели одну из критических задач СЛП, суть которой была в применении трудносвариваемых материалов, таких как сплав системы Al-Zn-Mg-Cu. Сплавы Al-Zn-Mg-Cu склонны к сильному растрескиванию при затвердевании/горячему растрескиванию, которое развивается во время охлаждения из жидкого состояния, когда горячие трещины зарождаются на дне ванны расплава. Подход заключался в дополнительном включении субмикронных частиц Si и TiB<sub>2</sub> в сплав Al-Zn-Mg-Cu и в конечном итоге была устранена

проблема горячего растрескивания и были получены хорошие механические свойства в алюминиевом сплаве после печати. Тем не менее, вышеперечисленные сплавы являются экономически не выгодными, поскольку содержание в составе металлических порошков Sc, Zr, Ti и т. д. делают сплав дорогостоящим.

Одним из наиболее распространенным является сплав Al–Si–Mg близкий к эвтектическому составу, который обладает отличной литейной способностью, связанной с небольшим изменением объема при затвердевании во время СЛП делая его пригодным для производства изделий сложной формы, а также малой толщины изделия с улучшенными механическими свойствами. Повышение механических свойств происходит за счет увеличения растворимости твердых веществ и уменьшение размера зерен сплавов Al–Si–Mg путем высоких скоростей охлаждения и затвердевания сплава в процессе СЛП [6].

На основании обзора литературы по сплавам на основе алюминия для аддитивного производства методом селективного лазерного плавления можно сделать вывод, что состав сплава играет весьма важную роль в формировании микроструктуры и механических свойств изделий, полученных методом селективного лазерного плавления. Сплав из металлического порошка алюминия, кремния и магния (Al–Si–Mg) является экономически выгодным из всех вышеперечисленных сплавов, а также многообещающим материалом для получения изделий с улучшенными механическими свойствами методом селективного лазерного плавления, что способствует дальнейшему изучению и исследованию более детально данного сплава.

#### **Список литературы:**

1. Influence Mechanism of Process Parameters on Relative Density, Microstructure and Mechanical Properties of Low Sc–Content Al–Mg–Sc–Zr Alloy Fabricated by Selective Laser Melting [Электронный курс] / Di Wang, Yongwei Feng, Linqing Liu, Xiongmin Wei, Yongqiang Yang, Pan Yuan, Yang Liu, Changjun Han, Yuchao Bai // Chinese Journal of Mechanical Engineering: Additive Manufacturing Frontiers, 2021. – Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772665722000186>
2. Effects of processing parameters and heat treatment on thermal conductivity of additively manufactured AlSi10Mg by selective laser melting [Электронный курс] / C. Butler, S. Babu, R. Lundy, R. O'Reilly Meehan, J. Punch, N. Jeffers // Materials Characterization, 2021. – Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1044580321000759>
3. Development of light weight high strength aluminum alloy for selective laser melting [Электронный курс] / N. Qbau, N. D. Nam, N. T. Hien, N. X. Ca // Journal of Materials Research and Technology, 2020. – Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2238785420318135#bib0135>
4. Structure and mechanical properties of an advanced aluminium alloy AlSi10MgCu(Ce,Zr) produced by selective laser melting [Электронный курс] / N. V. Dynin, V. V. Antipov, D. V. Khasikov, I. Benarieb, A. V. Zavodov, A. G. Evgenov // Materials Letters, 2021. – Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167577X20316050>
5. Selective laser melting additive manufacturing of 7xxx series Al–Zn–Mg–Cu alloy: Cracking elimination by co-incorporation of Si and TiB<sub>2</sub> [Электронный курс] / S. Y. Zhou, Y. Su, H. Wang, J. Enz, T. Ebel, M. Yan // Additive Manufacturing Frontiers, 2020. – Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214860420308307>
6. High power selective laser melting (HPSLM) of aluminum parts / D. Buchbinder, H. Schleifenbaum, S. Heidrich, W. Meiners, J. Bültmann // Phys. Proc. – 2011 – 12, P. 271–278.