

УДК 621.791.7

Механические свойства гибридного соединения металл - полимер, полученного технологией прямой печати AddJoining

Микуленко Анастасия Дмитриевна

mikulenko_ad@spbstu.ru

Орехов Алексей Михайлович

orehov_am@spbstu.ru

Панченко Олег Владиславович

panchenko_ov@spbstu.ru

СПбПУ, Санкт-Петербург, Россия

Аннотация. Получены гибридные соединения алюминиевого сплава Д16АТ с полимерными материалами (РА11 и CF-РА12) методом прямой печати. Экспериментально изучено влияние значения и паттерна механической обработки на качество гибридного соединения, а также подобраны параметры печати. Проведены механические испытания на сдвиг, показавшие высокую прочность соединений (до 44 МПа).

Ключевые слова: гибридные соединения, алюминий, ПА11, армированный пластик, прямая печать, шероховатость, Д16АТ, AddJoining

Введение. В последнее время большой интерес вызывает разнородное соединение металлов и полимеров для создания гибридных конструкций с лучшими структурными характеристиками для автомобильной, аэрокосмической и морской отраслей [1, 2]. Полимеры хорошо известны своей низкой плотностью, высокой жесткостью, стойкостью к коррозии и усталостными характеристиками. Металлы, с другой стороны, не могут быть полностью заменены полимерами из-за их огромной прочности, долговечности и жесткости при высоких температурах [3].

Метод прямой печати является наиболее интересными для дальнейшего исследования, в связи с тем, что сочетает в себе такие факторы как экологичность, высокая скорость производства и экономичность.

Методы и материалы; результаты. Метод AddJoining (метод прямой печати) [4] — аддитивное производство слоистых металлополимерных гибридных конструкций представляет собой новый подход, сочетающий принципы аддитивного производства и соединения материалов. AddJoining позволяет комбинировать различные материалы в многослойной конфигурации. Технология AddJoining представляет собой процесс прямой печати, где металлическая подложка закрепляется на платформе в паз, полимерная нить расплавляется и осаждается с помощью сопла, образуя слой поверх металлической подложки. В качестве базовых материалов в данной работе использовались прокатанные листы алюминиевого сплава Д16АТ толщиной 2 и 4 миллиметра, неармированный филамент РА11 для промежуточного слоя и филамент полиамида 12 с углеродным волокном (CF-РА12).

Перед AddJoining на поверхность алюминиевой детали наносилась шероховатость тремя способами — ХГДН (холодным газодинамическим напылением), пескоструйной обработкой и обработкой с помощью наждачной бумаги.

Были получены различные значения шероховатости Ra и Rz с помощью профилометра. Также был сделан анализ морфологии поверхности. Наибольшую шероховатость получилось добиться с помощью обработки ХГДН, однако наилучшие результаты по схватыванию с полимером показала поверхность, которая была достигнута с помощью пескоструйной обработки корундом (Al_2O_3) с размером частиц от 100 до 150 мкм. Для соединений алюминия Д16АТ/РА11/CF-РА12 покрытие наносилось методом непрямого нагрева следующим образом: (1) печать отдельного слоя РА11; (2) нагревание алюминиевой детали с отдельно напечатанным слоем РА11 с помощью внешней горячей плиты при температуре 300 °С в течение 5 минут (для повторного расплавления и гомогенизации отдельно напечатанного слоя); (3) остывание в течение 5 минут для формирования покрытия. Испытание на сдвиг при растяжении внахлестку проводилось с использованием универсальной испытательной машины (Zwick/Roell) при комнатной температуре. Результаты испытаний представлены в таблице. Анализируя полученные данные и данные из литературных источников, можно сделать вывод, что предел прочности достигает значений выше [5].

Результаты испытаний на растяжение

Образец	Материалы	Размеры	Предельная нагрузка
1	Д16АТ/ РА12-CF и РА11	Толщина алюминиевой пластины 2 мм; Толщина полимерной пластины 3 мм; Соединение: 25×12 мм	Разрушилась полимерная часть 3255,1 Н, 43 МПа
2	Д16АТ/ РА12-CF и РА11	Толщина алюминиевой пластины 2 мм; Толщина полимерной пластины 3 мм; Соединение: 25×12 мм	Разрушилась полимерная часть 3386,5 Н, 44 МПа
3	Д16АТ/ РА12-CF и РА11	Толщина алюминиевой пластины 2 мм; Толщина полимерной пластины 3 мм; Соединение: 25×12 мм	10,8 МПа 3309,1 Н

Закключение. Метод AddJoining был представлен как новый подход к аддитивному производству для производства металлополимерных гибридных структур. Возможность соединения была успешно продемонстрирована с помощью соединения Д16АТ/РА11/CF-РА12. Соединения, исследованные в ходе изучения, показали высокую предельную прочность на сдвиг внахлест. Это показывает потенциал процесса AddJoining для производства будущих слоистых металлополимерных структур, а также потенциал к будущим исследованиям этого метода.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- [1] Jiang B., Chen Q., Yang J. Advances in joining technology of carbon fiber-reinforced thermoplastic composite materials and aluminum alloys. *Int J. Adv. Manuf. Technol.*, 2020, vol. 110, pp. 2631–2649.
- [2] Zhang Z., Shan J.G., Tan X.H. Effect of anodizing pretreatment on laser joining CFRP to aluminum alloy A6061. *Int. J. Adhes. Adhes.*, 2016, vol. 70, pp. 142–151.
- [3] Kagan V., Nichols R. Benefits of induction welding of reinforced thermoplastics in high performance applications. *J. Reinf. Plast. Compos.*, 2005, vol. 24, pp. 1345–1352.
- [4] Falck R. AddJoining: A novel additive manufacturing approach for layered metal-polymer hybrid structures. *Materials Letters*, 2018, vol. 217, pp. 211–214.
- [5] Falck R., Goushegir S.M., dos Santos J.F., Amancio-Filho S.T. AddJoining: A novel additive manufacturing approach for layered metal-polymer hybrid structures. *Mater. Lett.*, 2018, vol. 217. <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2018.01.021>