

ООО «ЛАБОРАТОРИЯ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»

Минская обл., Минский р-н,
Щомыслицкий с/с, аг. Озерцо, ул.
Центральная, д.1В, ком. 57

Директор – Чивель Ю.А.

РАЗРАБОТКИ ООО «ЛАБОРАТОРИЯ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ» (БЕЛАРУСЬ) И «МЕРФОТНИКС» (ФРАНЦИЯ) В ОБЛАСТИ СЕЛЕКТИВНОГО ЛАЗЕРНОГО СПЕКАНИЯ/ПЛАВЛЕНИЯ

Селективное лазерное спекание/плавление (Selective Laser Sintering/Melting) – технология прямого изготовления деталей из порошковых материалов по 3D-данным компьютерного проектирования (САД моделям). При использовании технологий объемного формообразования результирующий 3-х мерный объект (деталь, модель и т.д.), сохраняя структуру компактного материала в объеме, практически не требует дополнительной механической обработки.

Выращивание объекта осуществляется в инертной атмосфере азота или аргона и обеспечивает высокое качество изделия, требующего доводки поверхности известными методами полировки, в том числе лазерными и абразивными. В настоящее время достигнуты скорости изготовления до 160 см³/час изделий с габаритами – 500x300x800 мм из различных металлов, сплавов, пластиков.

1. Состояние разработок в области селективного лазерного плавления

Лазерные технологические комплексы, реализующие аддитивные технологии селективного лазерного плавления, (СЛП) достигли высокого уровня совершенства и позволяют изготавливать широкую номенклатуру изделий из пластмасс и металлов с характеристиками, соответствующими изделиям из компактного материала. Список металлов – титан и его сплавы, алюминиевые сплавы, медь и сплавы меди, нержавеющей стали, кобальт – хром, золото, никелевые сплавы. Основными потребителями данной технологии являются предприятия авиа-космической, автомобильной, энергетического и транспортного машиностроения.

Например, General Electric приобрело две известные фирмы Arcam (установки электроннолучевого селективного спекания) и CONCEPT (установки лазерного селективного спекания) и изготавливает по этой технологии элементы турбореактивных двигателей и турбин.

Примеры изделий, изготавливаемых серийно методом СЛП представлены на рисунках 1–5:



Рисунок 1 – Элементы авиационного двигателя, изготовленные методом СЛП



Рисунок 2 – Элементы выхлопной системы 316L



Рисунок 3 – Теплообменник. Сплав CuCrZr



Рисунок 4 – 8 крышек блока цилиндров AlSiMg 265x735x65mm Бугатти (SLM 800)



Рисунок 5 – Корпус дифференциала оси AlSiMg

Предельные параметры промышленных установок СЛП представленных на рынке:

Мощность волоконного лазера – 400 - 700 Вт;

Число лазеров в установке – до 4;

Размеры рабочей области – 500x300x800 мм;

Фокальное пятно – 50 - 150 мкм;

Толщина слоя – 20-100 мкм;

Скорость сканирования – до 15 м/с;

Скорость изготовления изделия – до 160 см³/час;

Качество поверхности – Rz = 10 мкм;

Точность изготовления – 50 мкм;

Расход газа Ar/N₂ – 3-15 л/мин;

Вес установки – 1000-5000 кг.

Современные установки СЛП оснащаются системами регенерации порошка, что дает коэффициент использования порошка - 90%.

Основные проблемы технологий СЛП – производительность процесса и качество поверхности изделий, ее шероховатость. Используя различные методы полировки – абразивные, магнитоабразивные, электрохимические и лазерные шероховатость можно уменьшить до 10 – 100 нм.

Дальнейшее совершенствование установок направлено на повышение точности изготовления изделия и воспроизводимости, улучшение и ускорение процессов загрузки порошка и выемки готового изделия, разработку новых техпроцессов и дальнейшее увеличение производительности.

2. Основные направления совершенствования:

2.1 Обеспечение экологической чистоты технологического процесса. Манипуляции с порошком в нейтральной и сухой атмосфере при отсутствии контакта персонала с порошком;

2.2 Повышение точности изготовления путем перехода к меньшим пятнам фокусировки (10 – 30 мкм) и диаметрам порошковых частиц (5 – 10 мкм);

2.3 Повышение скорости изготовления до 200 см³/ч;

2.4 Увеличение размеров области спекания в СЛП до 1000x1000x800мм. Это расширит область применения и спрос на технологию селективного спекания;

2.5 Разработка технологий и установок для изготовления методами СЛП изделий из керамик и металлокерамик, которые обычно изготавливаются методами традиционной порошковой металлургии (спекание под давлением). В этой области имеется много проблем, обусловленных большими градиентами температур в фокальном пятне, приводящих к образованию трещин;

2.6 Введение систем контроля и управления технологическим процессом для повышения точности, качества и обеспечения воспроизводимости результатов.

3. Инновационные технические решения для УСЛП

В разработках МерФотоникс и ЛАТ реализуются новые технические решения, позволяющие решить многие из имеющихся проблем:

Одной из важнейших, но нерешенных проблем в области СЛС, является спекание 3D мульти-материальных изделий из металла. Для получения такого изделия необходимо в каждом слое спекать области из порошков различных металлов. Нами разработан метод и оборудование для его реализации. В настоящее время осуществляется сборка первой установки с рабочей областью 100x100x150 мм³. Технология и оборудование аналогов не имеют и запатентованы в России и патентуются в США.

Вторая нерешенная проблема – прямое спекание изделий из керамики и металлокерамики. Большие градиенты температур в пространстве и во времени приводят к растрескиванию и снижению прочности изделий. К настоящему времени нами разработан новый подход к решению этой проблемы на основе специальной безусадочной керамики и специальной технологии и технологической установки с использованием, помимо лазерного излучения, источников лампового или СВЧ излучения. Технология и оборудование аналогов не имеют и запатентованы в России.

Мультиспектральная технология спекания. Переход к применению в селективном лазерном спекании лазеров коротковолнового диапазона – 532 нм и менее, дает тройной эффект:

- 1) повышение точности изготовления детали за счет уменьшения фокального пятна;
- 2) повышение линейной скорости сканирования при сохранении малого размера пятна за счет увеличения фокусного расстояния объективов гальваносканера;
- 3) увеличение поглощения излучения, характерное для большинства металлов при переходе в коротковолновую область спектра.

Инновационная мульти-лазерная технология. Очень привлекательным решением задачи увеличения производительности является переход к мульти-лазерной и мульти-сканерной технологии в СЛП. Параллельная работа N лазеров позволяет сразу в N раз увеличить производительность. В установках SLM Solutions и EOS гальваносканеры располагаются стационарно в фиксированных позициях. Но при выращивании протяженных сложных по конфигурации

объектов часть лазеров не участвует в процессе и тем самым уменьшается производительность. В нашей разработке на установках с полем 1000x1000 мм и выше гальваносканеры попарно размещаются на платформах перемещающихся по оси X линейным приводом. Это позволяет иметь максимальную производительность при выращивании любых объектов любой протяженности.

Мониторинг и контроль технологических процессов. До настоящего времени промышленные установки СЛП не оснащались системами мониторинга и контроля технологического процесса. На ряде установок проводится мониторинг прежде всего бесконтактный – оптический путем фотоэлектрической и видео регистрации теплового излучения области лазерной обработки. При этом в большинстве случаев мониторинг ведется не путем количественного измерения физических величин (температура, ее распределение), а уровня и характера сигнала.

Нами разработана и патентуется в Европе система оптического мониторинга СЛП. Отличительная особенность этой системы состоит в том, что мониторинг осуществляется на длинах волн близких к длине волны лазера, что исключает ошибки измерений. Регистрируется максимальная температура в зоне плавления и ширина дорожки расплава. С помощью ПИД контроллера путем изменения мощности лазера, поддерживаются технологические параметры – термодинамическая температура и размеры зоны плавления.

Новизна нашего подхода состоит также в установке на каретку нанесения порошкового слоя 2-х координатного сканера изображений с высоким пространственным разрешением для контроля размеров спеченных сечений 3D объекта с микронной точностью и корректировки программы сканера в процессе изготовления объекта. Это позволяет на порядок повысить точность изготовления 3D объекта.

Основные параметры разработанного типоряда установок селективного лазерного плавления (УСЛП)

1. Технические параметры УСЛП 100 МУЛЬТИ:

- количество типов порошков – 2;
- рабочее поле – 100x100x150 мм;
- мощность диодного лазера – 250 Вт;
- длина волны излучения лазера – 980 нм;
- диаметр фокусного пятна – 80 мкм;
- скорость изготовления изделия – до 30 см³/час;
- скорость сканирования – 10 м/с;
- фокусное расстояние F-teta линзы – 160 мм;
- апертура пучка на входе в головку сканера – 30 мм;

- потребляемая от сети переменного тока промышленной частоты мощность не превышает – 4кВт;
- расход газа Ar/N₂ – 1 л/мин.

2. Технические параметры УСЛП 300:

- рабочее поле – 320х320х300 мм;
- мощность лазера № 1 – до 1,5 кВт;
- мощность лазера № 2 – до 100-200 Вт;
- длина волны излучения лазера № 1 – 1070 нм;
- длина волны излучения лазера № 2 – 532 нм;
- диаметр фокусного пятна – 30-700 мкм;
- толщина порошкового слоя – 20-150 мкм;
- скорость изготовления изделия – до 70 см³/час;
- скорость сканирования – 15 м/с;
- фокусное расстояние F-teta линзы – 520-560 мм;
- апертура пучка на входе в головку сканера – 20 мм;
- тип сканера – 2D с сдвигом фокуса;
- оптическая стойкость оптики сканера – 1 кВт/см²;
- потребляемая от сети переменного тока промышленной частоты мощность не превышает – 6 кВт;
- расход газа Ar/N₂ – 3 л/мин.

3. Технические параметры УСЛП 500:

Требования к основным показателям УСЛП:

- рабочее поле – 500х350х350 мм;
- мощность лазера № 1 – 2 лазера по 1,5 кВт;
- мощность лазера № 2 – 2 лазера по 100-200 Вт;
- длина волны излучения лазера № 1 – 1070 нм;
- длина волны излучения лазера № 2 – 532 нм;
- диаметр фокусного пятна – 30-700мкм;
- толщина порошкового слоя – 20-150 мкм;
- скорость изготовления изделия – до 120 см³/час;
- скорость сканирования – 15 м/с;
- фокусное расстояние F-teta линзы – 520-560 мм;
- апертура пучка на входе в головку сканера – 20 мм;
- тип сканера – 2 сканера 2D с сдвигом фокуса;
- оптическая стойкость оптики сканера – 1 кВт/см²;
- потребляемая от сети переменного тока промышленной частоты мощность не превышает – 12 кВт;
- расход газа Ar/N₂ – 10 л/мин.

4. Технические параметры УСЛП 1000:

Требования к основным показателям УСЛП:

- рабочее поле – 1000x1000x1500 мм;
- мощность лазера №1 – 4 лазера по 1,5 кВт;
- длина волны излучения лазера №1 – 1070 нм;
- мощность лазера № 2 – 4 лазера по 100-200 Вт;
- длина волны излучения лазера № 2 – 532 нм;
- диаметр фокусного пятна – 50-700 мкм;
- толщина порошкового слоя – 20-150 мкм;
- скорость изготовления изделия – до 200 см³/час;
- скорость сканирования – 15 м/с;
- фокусное расстояние F-teta линз – 520-560 мм;
- апертура пучка на входе в головку сканера – 20 мм;
- тип сканера – 4 сканера 2D с сдвигом фокуса;
- оптическая стойкость оптики сканера – 1 кВт/см²;
- потребляемая от сети переменного тока промышленной частоты мощность не превышает – 15 кВт;
- расход газа Ar/N₂ – 10 л/мин.

Предлагаемые нами установки по ряду параметров превосходят параметры представленных на рынке установок.

Разработана уникальная система вертикального перемещения поршня с изделием, позволяющая перемещать изделие с порошком суммарным весом до 15 тонн, что позволяет увеличить габариты спекаемых изделий до 1000x1000x1500 мм³.

Для сканирования внутренних областей изделий большим (до 700 мкм) пятном облучения нами применены мощные, 1,5 и более кВт, дешевые многомодовые диодные лазеры.

Принципы построения установок идентичны для всего типоряда установок. Для удаления неспеченного порошка из рабочей камеры используется гравитационный принцип в отличие от используемого SLM Solutions и EOS извлечения и переноса всей огромной рабочей камеры в специальный модуль. Перемещение порошка производится вакуумными устройствами. Оператор не контактирует с порошком.

4. Установка электронно-лучевого селективного спекания

На базе разработанных установок СЛП нами проработан проект замены в этих установках лазерного источника на электронно-лучевой. Тем более в наших установках мы устанавливаем мощные вакуумные насосы для откачки рабочего объема, что позволяет осуществлять процесс СЛП и в вакууме. При установке электронной пушки дополнительно устанавливается турбомолекулярный насос для

обеспечения рабочего вакуума. Проработана поставка электронной пушки мощностью 3 кВт с полем сканирования 100x100 мм.

Технические характеристики УЭЛП

- рабочее поле – 100x100x150 мм;
- мощность ЭП – 3 кВт;
- толщина порошкового слоя – 50-300 мкм;
- скорость изготовления изделия – до 60 см³/час;
- скорость сканирования – 15 м/с;
- фокусное расстояние электронной линзы – 160 мм;
- диаметр фокусного пятна – 200 мм;
- потребляемая от сети переменного тока промышленной частоты мощность не превышает – 4 кВт;
- расход газа Ar/N₂ – 1 л/мин.