

Принципиально новая технология 3D печати деталей из порошка Селективное Микроволновое Сплавление (SMM)

Патент РФ №2699761 «Способ изготовления детали из порошка»
№РСТ/RU2019/000609 от 16.09.2018

др.ф-м.н, Львов Денис Эрнестович, Санкт-Петербург, 2019г.

тел.: +7-981-854-21-41

denislvov@inbox.ru, d.lvov@microwaveadditive.com

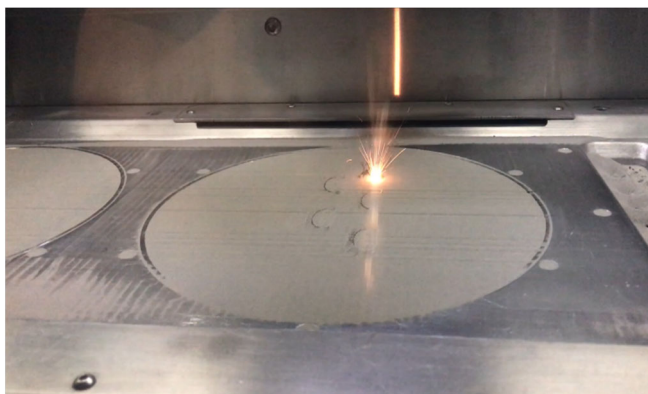
microwaveadditive.com

www.facebook.com/3dmicrowave

youtube.com/watch?v=DocBJshdvaA&t=103s



Традиционно, 3D печать деталей из порошка осуществляется методом послойного нанесения порошка с его последующим сплавлением. Что бы порошок сплавился его нужно нагреть. Для нагрева порошка в 3D принтерах обычно используется луч лазера, либо электронный луч (технология SLS/SLM/LBM/EBM). Бизнес компаний мировых лидеров рынка 3D печати 20 лет был основан на патентах на это изобретение, однако, к настоящему времени эти патенты в основном закончили свое действие и основанное на них монопольное право утрачено.



Системы 3D печати построенные на принципе SLS/SLM/LBM/EBM хороши, но из-за дороговизны лазерного излучателя очень дороги и крайне мало производительны, так как для обеспечения высокой точности построения при нагреве порошка используется малый диаметр пятна фокусировки лазера (порядка 40 микрон) и этот диаметр обычно не может динамически меняться в процессе печати. Так же эффективность процесса нагревания зависит от отражающей способности материала, кроме этого, физические ограничения не позволяют передать посредством лазерного луча значительные

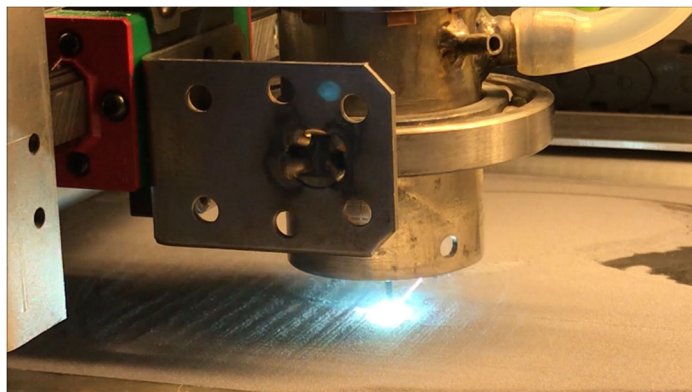
количества энергии так как при превышении порога электрического сопротивления среды происходит оптический пробой забирающий на себя всю энергию излучателя. Попытки увеличения производительности системы за счет увеличения количества одновременно работающих лазеров приводят к еще большему удорожанию системы. Так же важным недостатком технологии является что при спекании порошка детали получаются рыхлыми, что помимо уменьшения прочности влечет за собой проблему водородного охрупчивания, кроме этого сам порошок имеет загрязнения и покрыт оксидной пленкой, что с учетом малость размеров частиц порошка, ведет к тому, что загрязнения попадают в расплав и смешиваются с металлом, в результате изделие получается скорее метало-керамическим, чем цельно металлическим.

В виду наличия означенных затруднений, некоторыми специалистами высказывается мнение, что системы 3D печати на основе металлического порошка в своем развитии достигли предела и не смотря на удобство, развивать их дальше некуда.

Очевидным решением было использовать для нагрева порошка электричество без посредничества лазерного луча. Но нагревание посредством разряда электрического тока (аналогично электросварке) приводит к разбрызгиванию материала и не позволяет достичь необходимой точности, а непосредственное использование микроволн из-за высокой длины волны излучения (измеряется сантиметрами) не позволяет получить тепловую проекцию достаточной четкости.

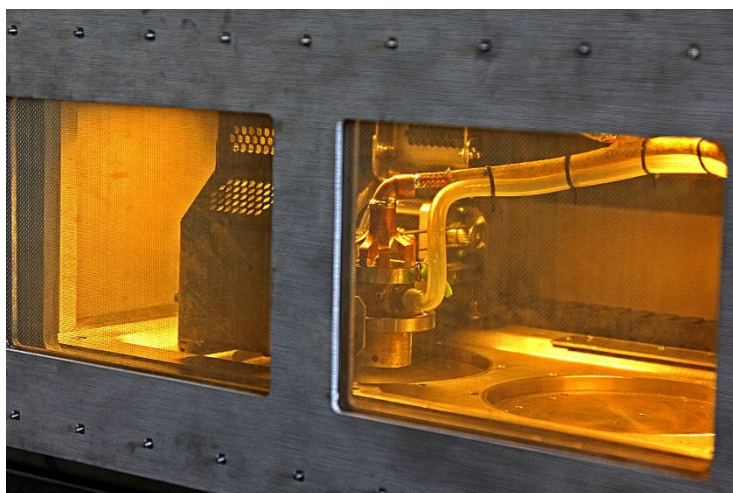
Нами были проведены частные исследования, результатом которых стало появление технологии **селективного микроволнового сплавления (SMM)** основанной на использовании для нагревания порошка тепла выделяющегося в процессе управляемого микроволнового пробоя (того самого физического явления, которое мешает использованию лазерного излучателя повышению мощности).

Действующий прототипа 3D принтера, использующего для нагревания порошка вместо луча лазера управляемый резонатором пробой сфокусированного в области печати **микроволнового (СВЧ) излучения** был создан и с успехом представлен на всемирной выставке аддитивных технологий FormNext 2019 во Франкфурте на майне (Германия) с репортажем с которой можно ознакомиться <https://www.fabbaloo.com/blog/2019/11/25/new-microwave-process-could-change-metal-3d-printing-pricing?rq=microwave>



Средняя цена лазерного излучателя с оптической системой, обычно используемого в SLM, составляет десятки тысяч долларов при средней мощности порядка 400Вт, примененный нами в качестве источника энергии магнетрон используются в бытовых микроволновых печах, стоит менее 50 долларов и позволяет получить в 4 раза больше мощности (2000Вт), так же диаметр рабочего пятна плавки теперь можно динамически менять в широких пределах (от 0.040мм до 4.00мм). Такое решение позволяет более чем в 10 раз сократить стоимость 3D принтера и увеличить его производительности в 100 и более раз. Кроме этого, снимаются ограничение по масштабируемости, так как возможности этой технологии ограничены только габаритами установки и доступной электрической мощностью (при необходимости, можно

изготавливать даже корпус корабля целиком). Так же означенная технология не имеет чувствительности к отражающей способности частиц порошка и их составу, позволяя создавать помимо металлических, пластиковые, керамические детали и их сочетания, позволяя тем самым создавать ранее не существовавшие мета материалы.



Само понятие «слой» 3D печати в контексте технологии SMM более становится не обязательным, процесс фокусирования микроволнового поля в области сваривания порошка может осуществляется по голографическому принципу (подобно DLP) кластерами, частными случаями конфигурации которых являться точка,

фрагмент плоского сечений или объемный фрагмент. Так же в перспективе дальнейшего развития этой технологии целый слой и даже целая деталь могут быть сварены за одну вспышку.

Следует отменить, что метод SMM в процессе сплавления за счет использования Пинч-эффекта обеспечивает дополнительное уплотнение расплава микрованны, что в сочетании с параллельной плазмохимической очисткой частиц порошка (за счет использования специально подобранных активных компонентов газовой среды) от загрязнений, позволяет получить детали повышенной плотности и прочности.

Все выше сказанное, означает что ожидаемая 4я индустриальная революции уже произошла. Аддитивное производство металлических изделий становится доступно массовому рынку. Теперь высокотехнологичные производства могут быть размещены на территориях без инфраструктуры. Говоря иначе, теперь кто угодно, где угодно, может напечатать себе все что угодно. Социально политические последствия такого изменения еще предстоит оценить, таможенные ограничения как и меры контроля утратят свою эффективность, так как перемещение информации будет преобладать над перемещением изделий, а эффективно ограничить перемещение информации пока ни у кого не получилось.

Согласно прогнозу **BCG** к 2035 году объем рынка аддитивного производства достигнет \$350 млрд, аддитивные технологии займут не менее 1,5% глобального промышленного рынка (это около 50% целевого рынка).

Права на представленную технологию, защищенные посредством международного патентного права во всех 204 странах РСТ дают в случае их приобретения крупной корпорацией возможность обеспечить монопольное положение на мировом рынке порошковой 3D печати в последующие 20 лет.