

3D-ПЕЧАТЬ ПО НОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ MOVINGLIGHT

АЛЛА АСПИДОВА

ИВАН ПАПУША

3d@ostec-group.ru

Аддитивные технологии сегодня уверенно завоевывают себе место в производственном процессе. 3D-принтер давно перестал быть игрушкой в руках энтузиастов-экспериментаторов и превратился в средство производства или, как минимум, в технологическое звено — например, GE успешно использует металлическую 3D-печать в производстве газотурбинных двигателей. А благодаря созданию новых материалов даже давно известные технологии, такие как стереолитография (SLA) или наплавка пластиковой нити (FDM), могут обрести второе дыхание и открыть больше возможностей для применения.

Если еще 10 лет назад в России 3D-принтеры использовались только на некоторых закрытых предприятиях, то в течение ближайшей декады мы вполне можем увидеть изменение привычных циклов и принципов производства за счет внедрения аддитивных технологий в промышленных масштабах. Кроме того, у нас уже идет активная работа по стандартизации и регламентации использования 3D-принтеров в производстве на государственном уровне.

ООО «Остек-СМТ» не только предлагает оборудование для промышленной 3D-печати, но и про-

водит собственные исследования, дающие возможность выгодно применять уже существующие технологии для решения сложных задач. Данная статья позволит по-новому взглянуть на стереолитографию, или 3D-печать светочувствительным фотополимером.

ПРЕИМУЩЕСТВА ТЕХНОЛОГИИ MOVINGLIGHT

Развитию технологий 3D-печати положила начало стереолитография. Она появилась в 1980-х гг. в США, затем применялась

и в СССР. Суть ее достаточно проста: построение модели происходит в баке с жидким фотополимером, посредством программного обеспечения изделие виртуально разбивается на слои, а ультрафиолетовый лазер, установленный над баком, засвечивает фотополимер по форме каждого слоя. В 2010-х гг. технологию модернизировали: в MOVINGlight вместо медленного лазера используется быстрый ультрафиолетовый проектор, который, перемещаясь, позволяет повысить скорость производства изделий до десяти раз. Кроме того, стал доступен более широкий спектр применяемых материалов: от высокотемпературных пластиков до био- и оксидной (технической) керамики (рис. 1). Результат печати по технологии MOVINGlight — точные пластиковые и керамические изделия (до 0,1% от линейных габаритов) с высоким качеством поверхности: Ra составляет 0,5–5 мкм. Аппаратное разрешение такого 3D-принтера дает возможность печатать 605 × 605 × 1016 dpi (разрешение порядка 40 мкм).

Благодаря габаритам печатающей зоны технологию MOVINGlight можно применять для печати как небольших, так и крупных изделий — до 800 × 330 × 400 мм. Многообразие доступных материалов предусматривает использование многофункционального принтера, а также позволяет внедрять эффективные решения для послойного аддитивного наращивания во многих областях, включая биомедицину и промышленность (таблица).

РИС. 1. ▼
Рабочая область
3D-принтера Prodways,
работающего по
технологии MOVINGlight

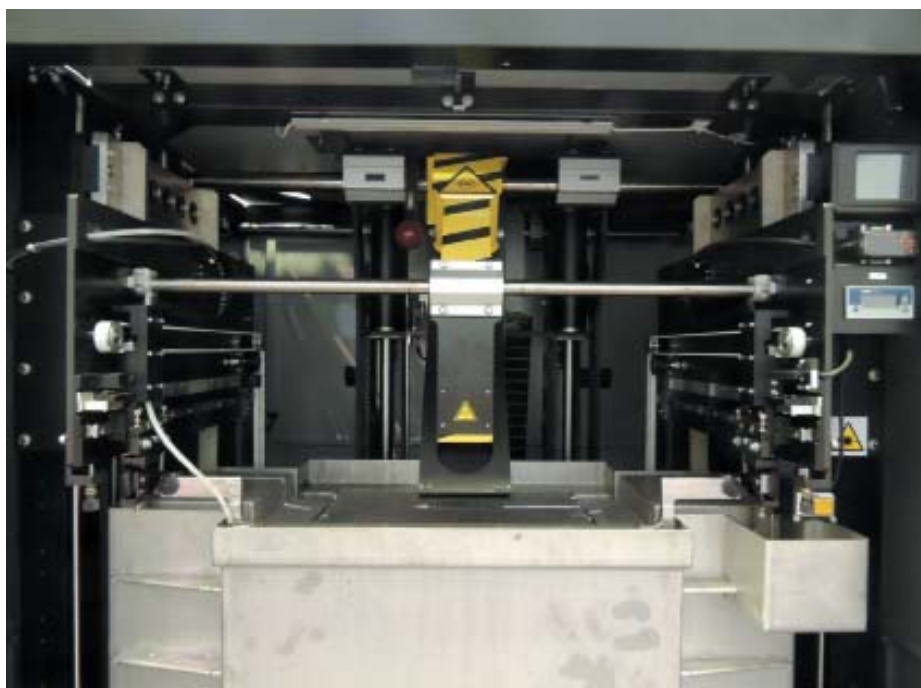


ТАБЛИЦА. ХАРАКТЕРИСТИКИ МАТЕРИАЛОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В ТЕХНОЛОГИИ MOVINGLIGHT

	PLASTCure Model 100*	PLASTCure Model 300*	PLASTCure Clear 100*	PLASTCure Clear 200*
Внешний вид	Непрозрачный материал бежевого цвета	Непрозрачный материал бежевого цвета с красноватым оттенком	Прозрачный материал	Прозрачный материал
Плотность жидкости (г/см ³)	1,113	1,105	1,113	1,103
Вязкость при +28 °С (сП)	600–700	300–400	600–700	500–600
Твердость (по Шору, по шкале D)	85–90	85–90	80–85	85–90
Прочность на растяжение ASTM D638 (МПа)	н/д	н/д	н/д	н/д
Удлинение на разрыв ASTM D638 (%)	н/д	н/д	н/д	н/д
Модуль упругости на растяжение ASTM D638 (МПа)	н/д	н/д	н/д	н/д
Остаточная зольность	Неприменимо	Неприменимо	Неприменимо	Неприменимо
Предел прочности на изгиб ASTM D790-10 (МПа)	75–85	110–120	80–90	110–120
Модуль упругости на изгиб ASTM D790-10 (МПа)	1900–2100	2300–2500	2000–2200	2400–2600
Ударная вязкость по Изоду ASTM D256A (Дж/м)	н/д	н/д	н/д	н/д
Теплостойкость на изгиб при 0,46 МПа ASTM D648 (°С)	н/д	н/д	н/д	н/д
Технические характеристики	<ul style="list-style-type: none"> • Простое построение деталей. • Высокая точность изготовления компонентов. • Качественный внешний вид. 	<ul style="list-style-type: none"> • Высокая точность и хорошая разрешающая способность. • Возможность изготавливать изделия с острыми краями и высоким уровнем детализации. • Высокая прочность неспеченного материала и хорошие механические свойства. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ультрапрозрачный материал. • Конечные изделия биосовместимы. • Удовлетворяет критериям по раздражению, сенсibilизации и цитотоксичности для биологической оценки медицинских изделий (DIN ISO 10993). • Можно подвергать стерилизации паром в течение продолжительного времени (>15 мин). 	<ul style="list-style-type: none"> • Ультрапрозрачный материал.
Примеры стандартного применения	Изготовление всего спектра моделей зубного ряда: от пломбирования до ортодонтического лечения.	Изготовление всего спектра моделей зубного ряда: от пломбирования до ортодонтического лечения.	Широкий спектр медицинского применения: например, хирургические шаблоны или модели.	Широкий спектр применения в областях, где требуются прозрачные материалы: например, хирургические шаблоны или модели.
Изготовитель	Dreve	Prodways	Dreve	Prodways

ТАБЛИЦА. ХАРАКТЕРИСТИКИ МАТЕРИАЛОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В ТЕХНОЛОГИИ MOVINGLIGHT

	PLASTCure Cast 100*	PLASTCure Cast 200*	PLASTCure Rigid 10 500*	PLASTCure ABS 3650*	PLASTCure ABS 2800*
Внешний вид	Полупрозрачный материал красного цвета	Полупрозрачный материал оранжевого цвета	Непрозрачный материал цвета слоновой кости	Прозрачный материал	Материал белого цвета
Плотность жидкости (г/см³)	1,095	1,114	1,595	1,109	1,109
Вязкость при +28 °С (сП)	100–200	250–300	650–750	100–200	140–150
Твердость (по Шору, по шкале D)	80–85	85–90	90–95	85–90	85–90
Прочность на растяжение ASTM D638 (МПа)	40–50	н/д	68	53	55–60
Удлинение на разрыв ASTM D638 (%)	3–4	н/д	1–2	9	3–5
Модуль упругости на растяжение ASTM D638 (МПа)	2300–2500	н/д	10000–11000	2600–3650	2700–3000
Остаточная зольность	<0,1%	<0,1%	Неприменимо	Неприменимо	Неприменимо
Предел прочности на изгиб ASTM D790-10 (МПа)	90–100	65–75	100–140	90–100	100–110
Модуль упругости на изгиб ASTM D790-10 (МПа)	2300–2500	1600–2000	8000–10000	2000–2200	2600–3000
Ударная вязкость по Изоду ASTM D256A (Дж/м)	н/д	н/д	17	20	н/д
Теплостойкость на изгиб при 0,46 МПа ASTM D648 (°С)	н/д	н/д	132	96	н/д
Технические характеристики	<ul style="list-style-type: none"> • Высокая реакционная способность и низкая вязкость. • Высокая прочность неспеченного материала, хорошая стабильность геометрических размеров. • Подходящие качества для выжигания и низкое содержание остаточного вещества. • Можно размещать непосредственно при температуре +800 °С. 	<ul style="list-style-type: none"> • Хорошая реакционная способность и низкая вязкость. • Высокая точность. • Возможность изготавливать детали с острыми краями. • Подходящие характеристики для выжигания с зольностью, практически равной нулю. 	<ul style="list-style-type: none"> • Хорошее детальное разрешение и качество боковых стенок. • Простота обработки. • Улучшенные термомеханические свойства. 	<ul style="list-style-type: none"> • Хорошая химическая стойкость. • Высокая прозрачность. • Быстрая адаптация материала к широкому спектру строительных условий. • Ручная обработка не требуется. 	<ul style="list-style-type: none"> • Хорошая химическая стойкость. • Высокая прозрачность. • Быстрая адаптация материала к широкому спектру строительных условий. • Ручная обработка не требуется.
Примеры стандартного применения	Отвечает высоким требованиям, предъявляемым к цифровому моделированию.	Хорошо подходит для прямого литья по выплавляемым моделям или применения в стоматологии.	Подходит для изготовления деталей, требующих тепловой устойчивости, высокой точности и быстрого цикла обработки. А также для изделий, испытываемых в аэродинамической трубе и используемых в уникальных областях применения, подвергаемых скоростной механической обработке или высокотемпературным испытаниям, применяемых в качестве трубок для прокладки электропроводки и кожухов в автомобильной промышленности.	Хорошо подходит для применения в медицине, электронной, аэрокосмической и автомобильной областях промышленности, в которых требуются изделия с низкотемпературной вулканизацией, прочные концептуальные модели, высокая точность, а также изделия, устойчивые к воздействию влаги и температуры.	Хорошо подходит для применения в медицине, электронной, аэрокосмической и автомобильной областях промышленности, в которых требуются изделия с низкотемпературной вулканизацией, прочные концептуальные модели, высокая точность, а также изделия, устойчивые к воздействию влаги и температуры.
Изготовитель	Dreve	Prodways	DSM Somos	DSM Somos	DSM Somos

ВАРИАНТЫ ПРИМЕНЕНИЯ

За счет перечисленных в таблице характеристик материалов технология MOVINGlight подходит не только для печати высокоточных прототипов (рис. 2), но и для создания промышленной оснастки, а в некоторых случаях и конечных изделий.

Рассмотрим примеры использования данной технологии в таких областях, как печать пластиком, литье и 3D-MID. Напечатанные по технологии MOVINGlight прототипы уже сейчас используют как мастер-модели для литья в силикон, но наиболее интересным применением в производстве оснастки является прямая 3D-печать пластиковых пресс-форм для инжекционного литья пластиков, а также для вакуумной формовки. Для данных задач применяется температуростойкий материал PLASTCure Rigid 10500 с добавлением керамического порошка. Температура, которую выдерживают формы из такого материала, зависит от геометрии отливаемой детали и охлаждающих каналов. Теплостойкость на изгиб при 0,46 МПа ASTM D648 у этого керамонаполненного пластика составляет +132 °С, однако после закалки можно получить теплостойкость на изгиб при 0,46 МПа ASTM D648 порядка +260 °С.

Чтобы проверить возможности технологии MOVINGlight в производстве пресс-форм под мелкосерийное инжекционное литье, компания Prodways, производитель 3D-принтеров, провела эксперимент.

Из материала PLASTCure Rigid 10500 была напечатана двухкомпонентная пресс-форма для инжекционного литья пластиков с учетом особенностей 3D-печати. Задачей являлось изготовление не менее 250 отливок из полипропилена и полиформальдегида и не менее 30 отливок из стеклонанополненного полиамида. Размеры деталей — малые и средние, в данном случае использовались инжекционные машины на 50–100 тонн. Заданное количество отливок получить удалось, и эксперимент был признан успешным (рис. 3).

После этого были проведены испытания по литью более широкого круга пластиков. В результате получено несколько сотен отливок из полипропилена (PP), полиэтилена (PE), полистирола (PS), АБС-пластика (ABS), термопластичных

эластомеров (TPE), полиформальдегида (POM), сплава поликарбоната и АБС-пластика (PC+ABS) и полиамида (PA). Также несколько десятков отливок можно сделать из стеклонанополненного полиамида (PA+GF), стеклонанополненного полиформальдегида (POM+GF) и стеклонанополненного поликарбоната (PC+GF).

Преимущество технологии MOVINGlight состоит в том, что опытную партию пластиковых отливок можно изготовить быстро и с минимальными финансовыми и временными затратами на производство оснастки. Пресс-форма проектируется в САПР и затем просто печатается на 3D-принтере. В итоге опытное производство можно сократить с нескольких месяцев до одной недели при качестве изделий, аналогичном отливкам в алюминиевые пресс-формы.

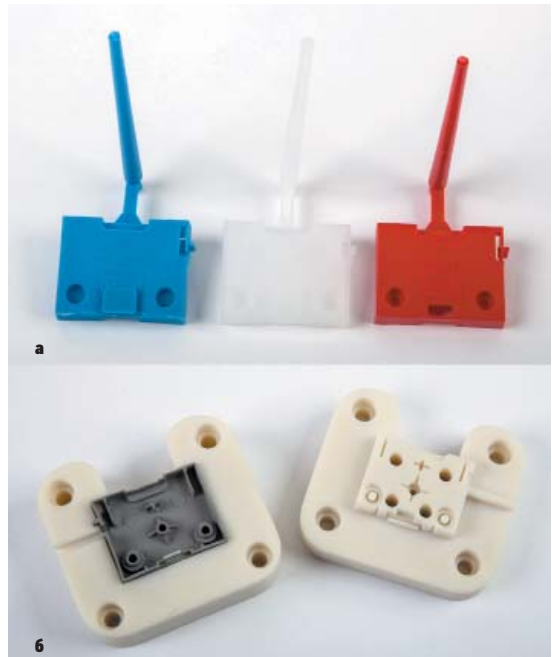
Еще одно доступное использование MOVINGlight в сочетании с керамонаполненным пластиком PLASTCure Rigid 10500 — печать оснастки для вакуумной формовки ограниченной серии изделий либо опытной партии. Преимущества в этом случае аналогичны, пример такого применения приведен на рис. 4. Возможность печатать сетчатые внутренние структуры оснастки для формовки позволяет равномернее вакуумировать ее, что, в свою очередь, позволяет добиться более плотного прилегания разогретого листа материала и получить изделие более высокого качества. Такая оснастка изготавливается примерно за два дня и может использоваться для диапазона от 10 до 100 формовок.

«Остек-СМТ» провел собственные опытные работы по применению технологии MOVINGlight в создании трехмерных схем на пластике (3D-MID), которые состоят из литых термопластиковых оснований с интегрированной системой соединений. Изделия на пластике позволяют упростить конструкцию, сократить количество сборочных единиц и вес изделия, а также повысить его надежность. Кроме того, они являются более экологичными по сравнению с обычными печатными платами, хотя их не заменяют, а скорее дополняют. Ключевые рынки для 3D-MID-технологии — автомобильная электроника и телекоммуникации. Помимо них, 3D-MID также подходит для компьютеров, бытовой техники и медицинских технологий.



РИС. 2. ◀ Функциональный прототип, напечатанный из керамонаполненного пластика

РИС. 3. ▼ Пресс-форма из керамонаполненного пластика PLASTCure Rigid 10500 (а), а также отливки, произведенные в эту пресс-форму (б)



Между макетированием и серийным производством есть несколько этапов создания прототипов, однако для единичного или мелкосерийного производства создание прототипов обычно бывает либо невозможным,

РИС. 4. ▼ Изделия, произведенные вакуумной формовкой по оснастке из керамонаполненного пластика PLASTCure Rigid 10500



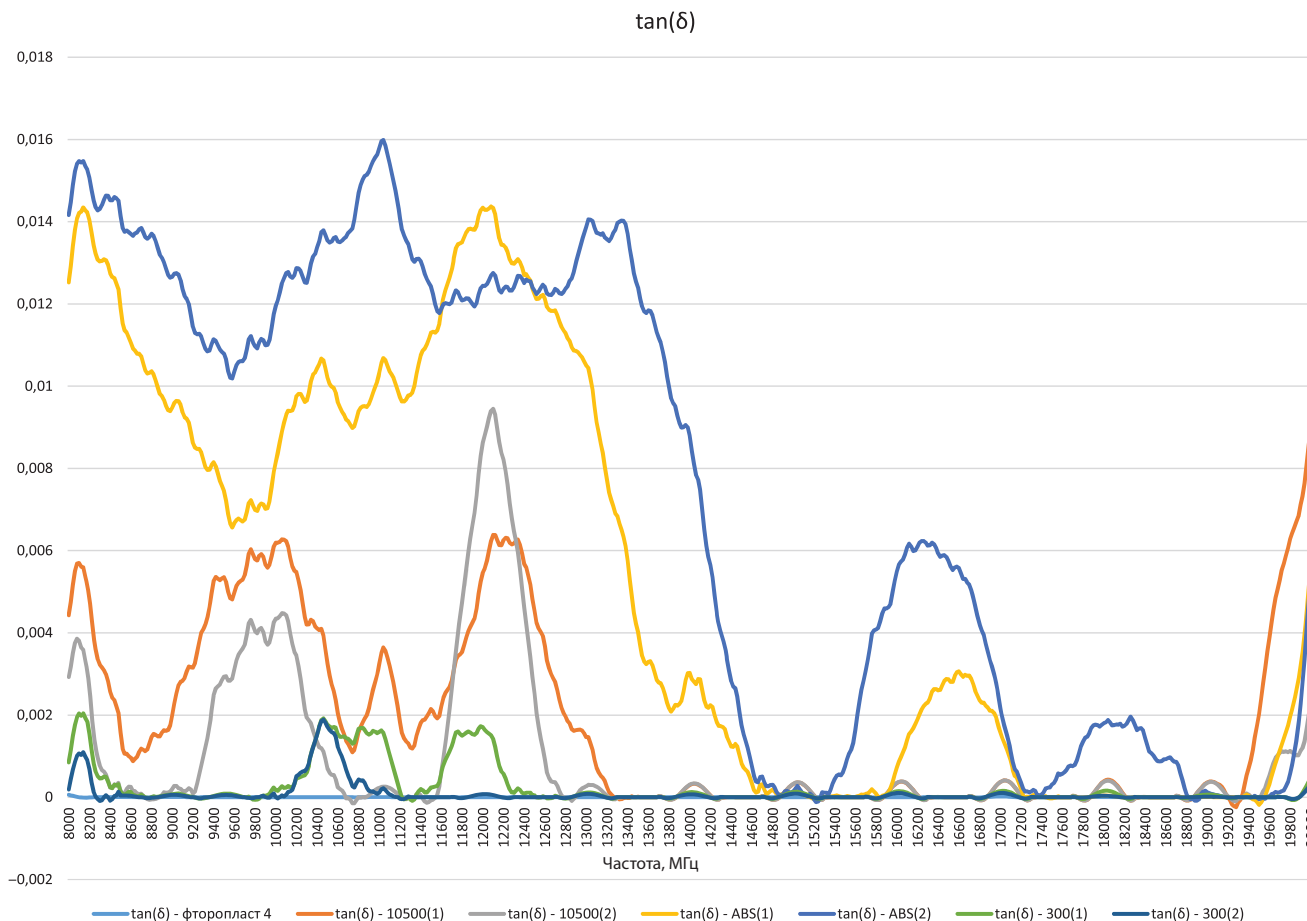


РИС. 5. ▲
Диэлектрическая
проницаемость
материала PLASTCure
Rigid 10500

либо дорогим. Решить эту проблему можно с помощью технологии MOVINGlight.

Для печати прототипов изделий с трехмерными схемами (рис. 5) был выбран материал PLASTCure Rigid 10500, обладающий, помимо высокой температуростойкости, приемлемыми показателями диэлектрической проницаемости. Пластиковые

основания для изделий были напечатаны из него, а трехмерная схема нанесена на основание с помощью технологии аэрозольной печати проводящим материалом AJP (Aerosol Jet Printing), в данном случае — серебряным аэрозолем. На рис. 6 показан пример прототипа корпуса с нанесенной на него рабочей Wi-Fi-антенной, изготовленной в производственном

центре «Остек-СМТ» с применением технологии MOVINGlight. Таким образом, MOVINGlight позволяет создавать штучные продукты и прототипы изделий 3D-MID, а именно — пластиковые температуростойкие подложки, что, в свою очередь, открывает новые возможности для радиоэлектронной индустрии.

Технология MOVINGlight стала достойным обновлением уже проверенной технологии SLA. Высокие характеристики новых материалов позволяют использовать 3D-принтер не только для производства высокоточных прототипов из пластиков для конструкторского бюро, но и для оперативного и качественного изготовления оснастки для литья пластиков и вакуумной формовки, а также недорогих пресс-форм для мелкосерийного инжекционного литья пластиков. Кроме того, появилась возможность создавать изделия 3D-MID для радиоэлектронных производств — например, антенны на корпусах приборов различной формы и сложности. ●



РИС. 6. ►
Пример прототипа
корпуса с нанесенной
на него рабочей
Wi-Fi-антенной