

# 3D-печать

по технологии  
**MOVINGlight<sup>®</sup>**:  
выгода для производства

Текст: Алла Аспидова  
Виктория Нестерова

”

Аддитивные технологии сегодня уверенно завоёвывают 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 и в будущем может стать одним из самых крупных поставщиков оборудования для металлической 3D-печати в мире.

В России уже активно проводятся работы по стандартизации и регламентации использования 3D-принтеров на производстве на государственном уровне. Если еще 10 лет назад в России 3D-принтеры использовались только на некоторых закрытых предприятиях, то в течение ближайших 10 лет мы вполне можем увидеть изменение привычных циклов и принципов производства за счёт внедрения аддитивных технологий в промышленных масштабах. Благодаря созданию новых материалов даже давно известные технологии, такие как стереолитография (SLA) или наплавка пластиковой нити (FDM), получают второе дыхание и новые, ранее неопробованные, применения в производственном процессе.

ООО «Остек-СМТ» предлагает не просто решения для 3D-печати на производстве, но и проводит собственные исследовательские работы, позволяющие выгодно применять уже существующие технологии для решения сложнейших задач. В статье мы поделимся с вами новым взглядом на стереолитографию или 3D-печать светотверждаемым фотополимером – расскажем о технологии MOVINGlight®.

### О технологии MOVINGlight®, её преимуществах и особенностях напечатанных изделий

3D-печать началась с технологии стереолитографии. Она появилась в 80-х годах XX века в США, применялась также и в СССР. Всё довольно просто: построение модели происходит в баке с жидким фотополимером, изделие в программном обеспечении виртуально разбивается на слои, а ультрафиолетовый лазер, установленный сверху, засвечивает фотополимер по форме каждого слоя. В 2010-х годах технологию модернизировали: в технологии MOVINGlight® вместо медленного лазера используется быстрый ультрафиолетовый проектор, который, перемещаясь, позволяет производить перво-

классные изделия до десяти раз быстрее, чем по первоначальной технологии SLA. Кроме того, спектр применяемых материалов расширили от высокотемпературных пластиков до оксидной (технической) и биокерамики (рис. 1). Результат печати по технологии MOVINGlight® – точные пластиковые и керамические изделия с очень высоким качеством поверхности: Ra 0,5 – 5 мкм. В данной технологии достижима точность до 0,1 % от линейных габаритов изделия, а аппаратное разрешение такого 3D-принтера позволяет печатать 605 x 605 x 1016 DPI (разрешение порядка 40 мкм).

Габариты печатающей зоны позволяют применять технологию MOVINGlight® для печати как небольших, так и крупных изделий с максимальными габаритами до 800 × 330 × 400 мм. Сама технология предусматривает большое разнообразие применяемых материалов, а значит и многофункциональность принтера. Многообразие материалов позволяет внедрять эффективные решения для послойного аддитивного наращивания во многих областях, включая биомедицину и промышленность T1.

### Применение технологии MOVINGlight®: инъекционное литьё, вакуумная формовка, литьё в силикон

Перечисленные в T1 характеристики делают технологию MOVINGlight® идеальной не только для печати высокоточных прототипов (рис. 2), но и для создания промышленной оснастки, а в некоторых случаях и конечных изделий.

Далее мы рассмотрим примеры применения технологии MOVINGlight® в таких областях, как печать пластиком, литьё и 3D-MID.

Уже сейчас напечатанные по технологии MOVINGlight® прототипы используют как мастер-модели для литья в силикон, но наиболее интересным с точки



1

Рабочая область 3D-принтера Prodways, работающего по технологии MOVINGlight®



2

Функциональный прототип, напечатанный по технологии MOVINGlight® из керамонаполненного пластика

зрения производства оснастки будет применение, связанное с прямой 3D-печатью пластиковых пресс-форм для инъекционного литья пластиков, а также для вакуумной формовки. Для данных задач применяется температуростойкий материал PLASTCure Rigid 10500 с добавлением керамического порошка. Формы из керамонаполненного пластика PLASTCure Rigid 10500 выдерживают температуры в зависимости от геометрии отливаемой детали и геометрии охлаждающих каналов. Теплостойкость на изгиб при 0,46 МПа ASTM D648 у этого материала составляет 132 °С, однако после закалки можно получить теплостойкость на изгиб при 0,46 МПа ASTM D648 порядка 260 °С.

Для проверки возможности технологии MOVINGlight® в производстве пресс-форм под мелкосерийное инъекционное литье производитель 3D-принтеров, компания Prodways, провела эксперимент по использованию напечатанных пластиковых пресс-форм на производстве. Из материала PLASTCure Rigid 10500 была напечатана двухкомпонентная пресс-форма для инъекционного литья пластиков с учетом особенностей 3D-печати. Задача эксперимента – изготовление не менее 250 отливок из полипропилена и полиформальдегида и не менее 30 отливок из стеклонанополненного полиамида. Размеры деталей – малые и средние, в экспериментах использовались инъекционные машины на 50-100 тонн.

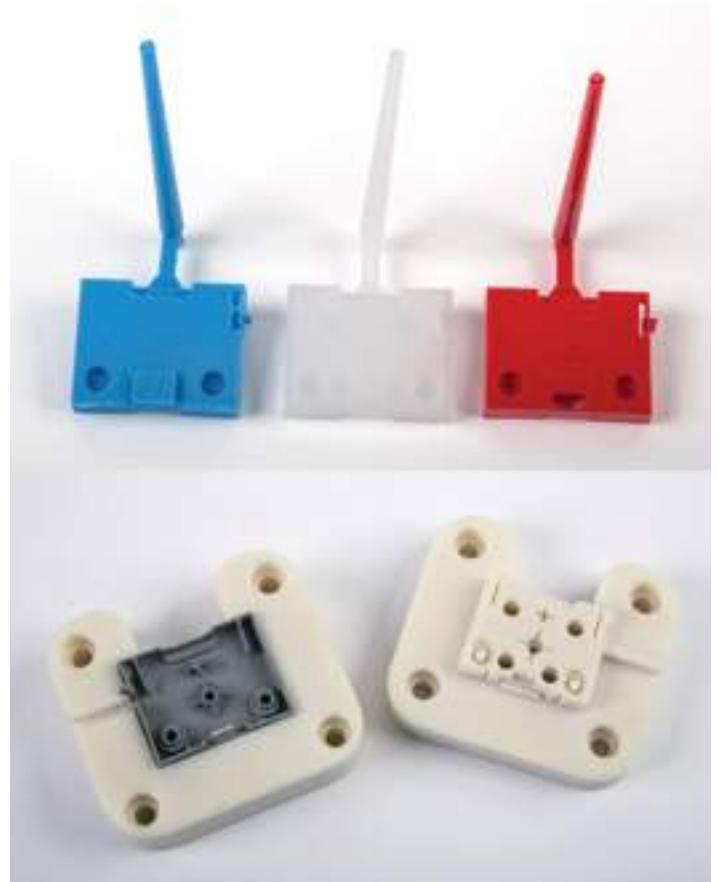
В результате эксперимента удалось получить заданное количество отливок, он признан успешным (рис. 3).

Далее эксперимент расширили, 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). Несколько десятков отливок возможно сделать из стеклонанополненного полиамида (PA+GF), стеклонанополненного полиформальдегида (POM+GF) и стеклонанополненного поликарбоната (PC+GF).

Преимущества технологии MOVINGlight® в том, что опытную партию пластиковых отливок можно произвести очень быстро с минимальными финансовыми и временными затратами на производство оснастки. Пресс-форма проектируется в САПР и 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.

Технология MOVINGlight® в сочетании с керамонаполненным пластиком PLASTCure Rigid 10500 позволяет печатать надежную оснастку для вакуумной формовки ограниченной серии изделий либо опытной партии. Преимущества здесь аналогичны, пример использования технологии MOVINGlight® для вакуумной формовки приведен на рис. 4.



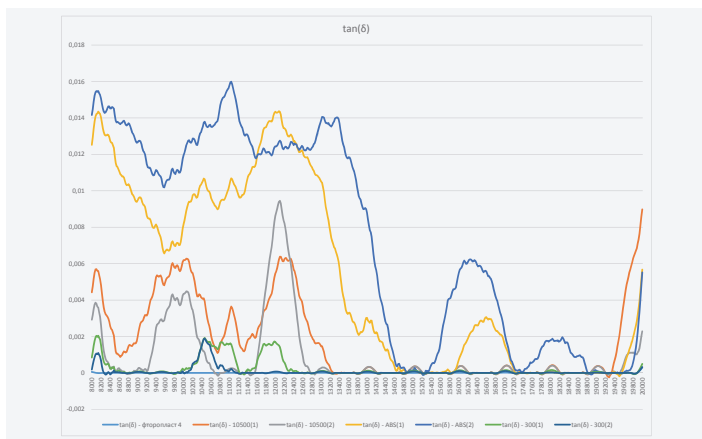
3 Пресс-форма из керамонаполненного пластика PLASTCure Rigid 10500, напечатанная по технологии MOVINGlight®, а также отливки, произведенные в эту пресс-форму

Кроме того, возможность печатать сетчатые внутренние структуры оснастки для формовки позволяет равномернее вакуумировать её, что, в свою очередь, дает возможность добиться более плотного прилегания разогретого листа материала и, следовательно, получить изделие более высокого качества.

Такая оснастка изготавливается порядка двух дней и может быть использована для диапазона от 10 до 100 формовок.



4 Изделия, произведенные вакуумной формовкой по оснастке из керамонаполненного пластика PLASTCure Rigid 10500. Оснастка напечатана по технологии MOVINGlight®

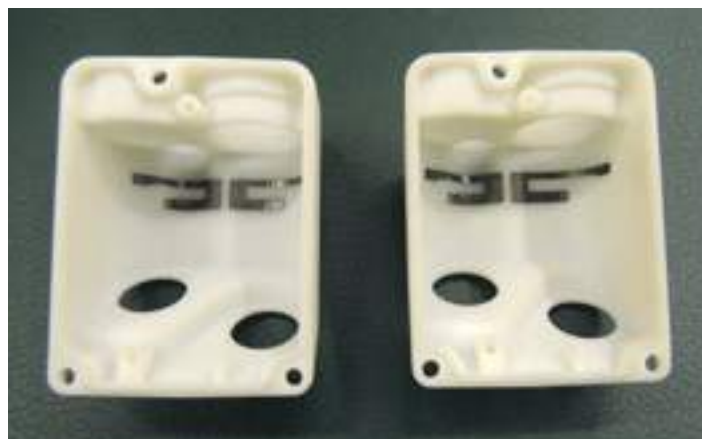


**5** Диэлектрическая проницаемость материала PLASTCure Rigid 10500

Остек-СМТ провел собственные опытные работы по применению технологии 3D-печати MOVINGlight® в создании трехмерных схем на пластиках (3D-MID). Трехмерные системы на пластиках состоят из литых термопластиковых оснований с интегрированной системой соединений. Изделия на пластиках позволяют упростить конструкцию, сократить количество сборочных единиц и вес изделий, повысить их надежность. Они обеспечивают огромный технический и экономический потенциал и являются более экологичными по сравнению с обычными печатными платами, однако они их не заменяют, а скорее дополняют. Ключевыми для 3D-MID-технологии являются рынки автомобильной электроники и телекоммуникаций. Помимо них, 3D-MID также подходит для компьютеров, бытовой техники и медицинских технологий.

Между макетированием и серийным производством есть несколько этапов создания прототипов. Изначально создание прототипов для единичного или мелкосерийного производства было либо невозможно, либо дорого. Именно на этом этапе технология MOVINGlight® позволила Остек-СМТ добиться максимальной эффективности.

За счёт высокой температуростойкости материала PLASTCure Rigid 10500, а также его приемлемых показателей диэлектрической проницаемости технологию MOVINGlight® можно использовать для печати прототипов изделий с трехмерными схемами (рис. 5). Пластиковые основания для изделий 3D-MID были напечатаны на принтере из материала PLASTCure Rigid 10500, в то время как трехмерная схема была нанесена на основание с помощью технологии аэрозольной печати проводящим материалом AJP (aerosol jet printing), в нашем случае – серебряным аэрозолем. На рис. 6 показан пример прототипа корпуса с нанесенной на него рабочей Wi-Fi-антенной, произведенной в производственном центре Остек-СМТ с применением технологии 3D-печати MOVINGlight® и технологии AJP для нанесения на пластиковую подложку трехмерной схемы. Таким



**6** Пример прототипа корпуса с нанесенной на него рабочей Wi-Fi-антенной

образом, MOVINGlight® позволяет создавать штучные инновационные изделия и прототипы изделий 3D-MID, а именно – пластиковые температуростойкие подложки, что, в свою очередь, открывает небывалые возможности для радиоэлектронной индустрии.

Технология MOVINGlight® стала достойным обновлением давно проверенной и надежной технологии SLA. За счет высоких характеристик новые материалы позволяют использовать 3D-принтер не только для производства высокоточных прототипов из пластика для конструкторского бюро, но и удовлетворять потребности производства в оперативной и высококачественной оснастке для литья пластика и вакуумной формовки, недорогих пресс-форм для мелкосерийного инъекционного литья пластика. За счет высокого качества материалов и низкой шероховатости поверхности теперь возможно создавать инновационные изделия 3D-MID для радиоэлектронных производств, например, антенны на корпусах приборов различной формы и сложности. С технологией MOVINGlight® 3D-печать стала быстрой, качественной и максимально полезной на производстве.

*Материалы о технологии MOVINGlight® опубликованы с разрешения компании Prodays.*

**Получить подробную консультацию, а также записаться на демонстрацию 3D-принтеров, работающих по технологии MOVINGlight®, можно у специалистов ООО «Остек-СМТ» по тел. +7 (495) 788-44-44, e-mail: 3d@ostec-group.ru.**


**Характеристики материалов, применяемых в технологии MOVINGlight®**

	<b>PLASTCURE MODEL 100*</b>	<b>PLASTCURE MODEL 300*</b>
Внешний вид	Непрозрачный материал бежевого цвета	Красноватый непрозрачный материал бежевого цвета
Плотность жидкости (г/см <sup>3</sup> )	1,113	1,105
Вязкость при 28°C (сП)	600 - 700	300 - 400
Твердость (по Шору по шкале D)	85 -90	85-90
Прочность на растяжение (МПа) ASTM D638	н/д	н/д
Удлинение на разрыв (%) ASTM D638	н/д	н/д
Модуль упругости на растяжение (МПа) ASTM D638	н/д	н/д
Остаточная зольность	Неприменимо	Неприменимо
Предел прочности на изгиб (МПа) ASTM D790-10	75 - 85	110 - 120
Модуль упругости на изгиб (МПа) ASTM D790-10	1900 - 2100	2300 - 2500
Ударная вязкость по Изоду (Дж/м) ASTM D256A	н/д	н/д
Теплостойкость на изгиб при 0,46 МПа (°C) ASTM D648	н/д	н/д
Технические характеристики	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Простое построение деталей</li> <li>■ Высокая точность изготовления компонентов</li> <li>■ Качественный внешний вид</li> <li>■ Высокая технологичность</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Высокая точность и отличная разрешающая способность</li> <li>■ Возможность изготавливать изделия с острыми краями и высоким уровнем детализации</li> <li>■ Высокая прочность неспеченного материала и хорошие механические свойства</li> </ul>
Примеры стандартного применения	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Изготовление всего спектра моделей зубного ряда от пломбирования до ортодонтического лечения</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Изготовление всего спектра моделей зубного ряда от пломбирования до ортодонтического лечения</li> </ul>
Изготовитель	Dreve	Prodways



	PLASTCURE CLEAR 100*	PLASTCURE CLEAR 200*
Внешний вид	Прозрачный материал	Прозрачный материал
Плотность жидкости (г/см <sup>3</sup> )	1,113	1,103
Вязкость при 28°C (сП)	600 - 700	500 - 600
Твердость (по Шору по шкале D)	80-85	85-90
Прочность на растяжение (МПа) ASTM D638	н/д	н/д
Удлинение на разрыв (%) ASTM D638	н/д	н/д
Модуль упругости на растяжение (МПа) ASTM D638	н/д	н/д
Остаточная зольность	Неприменимо	Неприменимо
Предел прочности на изгиб (МПа) ASTM D790-10	80-90	110 - 120
Модуль упругости на изгиб (МПа) ASTM D790-10	2000 - 2200	2400 - 2600
Ударная вязкость по Изоду (Дж/м) ASTM D256A	н/д	н/д
Теплостойкость на изгиб при 0,46 МПа (°C) ASTM D648	н/д	н/д
Технические характеристики	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Ультрапрозрачный материал</li> <li>■ Конечные изделия биосовместимы</li> <li>■ Удовлетворяет критериям по раздражению, сенсibilизации и цитотоксичности для биологической оценки медицинских изделий (DIN ISO 10993)</li> <li>■ Можно подвергать стерилизации паром в течение продолжительного времени (&gt; 15 мин.)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Ультрапрозрачный материал</li> </ul>
Примеры стандартного применения	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Широкий спектр медицинского применения, например, хирургические шаблоны или модели</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Широкий спектр применения в областях, где требуются прозрачные материалы, например, хирургические шаблоны или модели</li> </ul>
Изготовитель	Dreve	Prodways

T 1

Характеристики материалов, применяемых в технологии MOVINGlight®

	PLASTCURE CAST 100*	PLASTCURE CAST 200*
Внешний вид	Полупрозрачный материал красного цвета	Полупрозрачный материал оранжевого цвета
Плотность жидкости (г/см <sup>3</sup> )	1,095	1,114
Вязкость при 28°C (сП)	100 - 200	250 - 300
Твердость (по Шору по шкале D)	80-85	85-90
Прочность на растяжение (МПа) ASTM D638	40 - 50	н/д
Удлинение на разрыв (%) ASTM D638	3-4	н/д
Модуль упругости на растяжение (МПа) ASTM D638	2300 - 2500	н/д
Остаточная зольность	<0,1%	<0,1%
Предел прочности на изгиб (МПа) ASTM D790-10	90- 100	65 - 75
Модуль упругости на изгиб (МПа) ASTM D790-10	2300 - 2500	1600 - 2000
Ударная вязкость по Изоду (Дж/м) ASTM D256A	н/д	н/д
Теплостойкость на изгиб при 0,46 МПа (°C) ASTM D648	н/д	н/д
Технические характеристики	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Высокая реакционная способность и низкая вязкость</li> <li>■ Высокая прочность не спеченного материала, отличная стабильность геометрических размеров</li> <li>■ Отличные качества для выжигания и низкое содержание остаточного вещества</li> <li>■ Можно размещать непосредственно при температуре 800 °C</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Хорошая реакционная способность и низкая вязкость</li> <li>■ Высокая точность</li> <li>■ Возможность изготавливать детали с острыми краями</li> <li>■ Превосходные качества для выжигания с зольностью практически равной нулю</li> </ul>
Примеры стандартного применения	Отвечает высоким требованиям, предъявляемым к цифровому моделированию	Отлично подходит для прямого литья по выплавляемым моделям или применения в стоматологии
Изготовитель	Dreve	Prodways

PLASTCURE RIGID 10 500*	PLASTCURE ABS 3650*	PLASTCURE ABS 2800*
Непрозрачный материал цвета слоновой кости	Прозрачный материал	Материал белого цвета
1,595	1,109	1,109
650 - 750	100 - 200	140 - 150
90-95	85-90	85-90
68	53	55 - 60
1-2	9	3-5
10000- 11000	2600 - 3650	2700 - 3000
Неприменимо	Неприменимо	Неприменимо
100 - 140	90- 100	100 - 110
8000 - 10000	2000 - 2200	2600 - 3000
17	20	н/д
132	96	н/д
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Отличное детальное разрешение и качество боковых стенок</li> <li>■ Простота обработки</li> <li>■ Улучшенные термомеханические свойства</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Хорошая химическая стойкость</li> <li>■ Высокая прозрачность</li> <li>■ Быстрая адаптация материала к широкому спектру строительных условий</li> <li>■ Ручная обработка не требуется</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Хорошая химическая стойкость</li> <li>■ Высокая прозрачность</li> <li>■ Быстрая адаптация материала к широкому спектру строительных условий</li> <li>■ Ручная обработка не требуется</li> </ul>
<p>Подходит для изготовления деталей, требующих тепловой устойчивости, высокой точности и быстрого цикла обработки. Идеально подходит для изделий, испытываемых в аэродинамической трубе и используемых в уникальных областях применения, подвергаемых скоростной механической обработке или высокотемпературным испытаниям, используемых в качестве трубок для прокладки электропроводки и кожухов в автомобильной промышленности</p>	<p>Идеально 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</p>	<p>Идеально 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</p>
DSM Somos	DSM Somos	DSM Somos