

В.Л. Малышева, С.С. Красимилова
V.L. Malysheva, S.S. Krasimirova

Пермский национальный исследовательский политехнический университет
Perm National Research Polytechnic University

ЛАЗЕРНАЯ СТЕРЕОЛИТОГРАФИЯ – НОВЫЙ ПОДХОД К СТРОИТЕЛЬСТВУ СООРУЖЕНИЙ

LASER STEREO LITHOGRAPHY IS A NEW APPROACHING TO THE CONSTRUCTION

Рассмотрена новая технология строительства зданий, строений и сооружений, позволяющая более широко выразить в архитектурном дизайне сложные формы, сократить скорость возведения зданий и сооружений, улучшить качество зданий и сооружений, роботизировать технологические процессы, выполняя экономические требования.

The new technology of construction of buildings, allowing more widely to express difficult forms in architectural design, to reduce the speed of construction of buildings and constructions, to improve qualities of buildings and constructions, to robotize technological processes, to keep ecology is considered.

Ключевые слова: лазерная стереолитография, лазерная проекция, полимер-керамическая смесь, прочная и надежная опалубка, послойный рост.

Keywords: laser stereolithography, laser projection, polymer-ceramic mixture, rugged and reliable formwork, the by-layer growth.

На сегодняшний день современные системы компьютерного проектирования (англ. computer-aided design, CAD) являются средством экономии времени и средств на разработку и конструирование новых изделий. Изготовление модели (детали) остается проблемой, поскольку разработка технологии изготовления детали и соответствующей оснастки требует вложений, сопоставимых со стоимостью разработки самого изделия [1].

Лазерная стереолитография – одна из первых технологий быстрого прототипирования, впервые появилась в США в 80-х гг. прошлого столетия [2], в период интенсивного развития новых технологий формирования трехмерных объектов посредством постепенного наращивания материала или изменения фазового состояния вещества в заданной области пространства.

Технология лазерной стереолитографии запатентована Чарльзом Халлом в 1986 г. [3]. Лазерная стереолитография – первый процесс Rapid Prototyping, основанный на использовании фотополимеризации лазерным излучением, использующийся в серийно выпускаемых установках (фирмы 3Dsystems) [4].

Rapid Prototyping – это технологии послойного изготовления трехмерных объектов, однако практика показывает, что почти все традиционные технологии резки листовых материалов можно с успехом использовать для разработки и производства достаточно сложных трехмерных изделий, таких как металлические шкафы или элементы оформления витрин.

Эффект от использования Rapid Prototyping проявляется в значительном (десятки раз) сокращении времени и затрат на разработку новых изделий, а также в повышении качества разработки. Конструктор получает рабочую модель почти так же легко и быстро, как чертеж с принтера или плоттера, что позволяет значительно повысить эффективность работы.

Лазерная стереолитография получила свое развитие и в России, так, например, в Институте проблем лазерных и информационных технологий РАН (ИПЛИТ РАН) разработаны и действуют несколько экспериментальных и опытных установок, в Пермском национальном исследовательском политехническом университете открыта Лаборатория продвижения инновационных технологий, где применяют лазерную установку Lens Model 850-R для ремонта и изготовления деталей максимальным размером 900×900×1500 мм путем наплавки порошкового материала.

Наиболее важным этапом создания образца является процесс подготовки управляющей программы, предусматривающий:

- компьютерное моделирование детали и сохранение модели в STL-формате (этот формат данных поддерживают AutoCAD, EUCLID, CATIA, Power Solution и другие системы);
- разбиение полученного компьютерного образа на тонкие слои с заданным шагом;
- расчет траектории лазерного луча, заполняющего каждое сечение.

После получения управляющей программы можно приступить к послойному изготовлению прототипа (детали). Для этого используется лазерная установка с ванной, оборудованной специальным столом. Эту ванну заполняют жидкой, фотополимеризующейся под воздействием лазерного луча композицией. Спекание материала выполняется послойно перемещением лазерного луча по намеченной траектории. По завершении обработки первого слоя стол ванны опускается на шаг и выполняется формирование следующего слоя. Так, шаг за шагом, формируется деталь.

В общем случае объекты, созданные при помощи лазерной стереолитографии, могут быть использованы:

- для создания макетов изделий и сборок,
- изготовления формообразующей оснастки из различных материалов,

- изготовления электродов для электроэрозионной обработки (в качестве мастер-модели);
- биосовместимых имплантатов (в качестве мастер-модели);
- при восстановлении объектов по данным компьютерных томографов, координатно-измерительных машин и других видов зондирования трехмерных объектов для целей медицины, криминалистики, археологии и др.

Данная технология позволяет получать самые точные и сложные модели, а материалы, используемые в процессе, обладают следующими преимуществами: прочность, прозрачность, влагостойкость, легкость обработки поверхности, возможность склейки и т.д. Таким образом, несмотря на появление других технологий, лазерная стереолитография остается одной из наиболее широко используемых в сфере аэрокосмической и авиационной техники [5] благодаря наилучшим техническим показателям, в разработке и конструировании новых моделей, деталей сложных форм. В то же время можно говорить и о перспективе использования данной технологии в строительстве.

Говоря о применении данной технологии в строительстве, стоит отметить, что лазерная стереолитография может быть использована как новая технология, основанная на различных подходах к строительству, но с упором на автоматические роботизированные комплексы.

Рассмотрим основные направления развития технологии лазерной стереолитографии:

1. Послойная лазерная проекция на полимер-керамическую смесь с возможностью ее отвердевания под действием когерентного излучения определенного спектра (светоотверждающие вещества).

За считанные часы любая конструкторская идея трансформируется в реальную модель, которая отличается высокой точностью и стабильностью размеров.

В процессе изготовления модели тонкий слой полимера наливается в емкость и отвердевает по линии начертания проекции лазером образуемого рисунка. Следующий тонкий слой подается насосом, и процесс повторяется, но по новому рисунку. Так последовательно формируется каждый новый слой и вырастает готовая объемная форма. В строительстве необходимо будет создавать большие ванны для жидкой полимер-керамики, возможно, прямо на строительной площадке. Будет осуществляться послойный рост отдельных элементов здания, затем с помощью крана или мощного манипулятора помещаться на нужное место строящегося здания. Благодаря облегченной каркасной форме деталей и добавлению наноструктурных компонентов в строительный состав достигается необходимая прочность.

Подобная технология сейчас широко применяется для изготовления сложных форм в точной литейной промышленности, авиации и при создании демонстрационных полимерных 3D-макетов [6].

2. Более простая технология формирования сложной готовой цельно-этажной или конструктивной опалубки из полимера в отдельных цехах.

Данную технологию можно рассмотреть как последовательность следующих процессов: перевоз по частям на строительную площадку, укрепление на подготовленных местах, скрепление разными способами – от винтового до защелкивания конструктивных замков. Далее – заливание готовой опалубки бетоном или пенобетоном. Для прочности возможно добавление арматурных прутьев и цельносварных сеток, добавление металлических, полимерных скрепляющих маленьких элементов с зацепляющими краями, смешиваемых с бетонной смесью. Готовое быстрорастущее здание не требует кирпичной кладки, сложного, трудоемкого ручного монтажа, а внутри – больших отделочных работ. Здание является практически полностью монолитным, гораздо более прочным и надежным, чем многие здания, построенные в соответствии с другими современными технологиями.

На рис. 1 представлена схема автоматического роботизированного комплекса, применяемого для производства строительных изделий и конструкций, работающего по технологии послойной лазерной проекции на полимер-керамическую или полимерную жидкую строительную смесь с выращиванием из нее готовых цельно конструктивных блоков для модульного строительства или изготовления опалубки для заливки различными бетонными растворами. На рисунке видна часть уже выращенной строительной опалубки или готовой секции будущего здания сложной архитектурной формы.

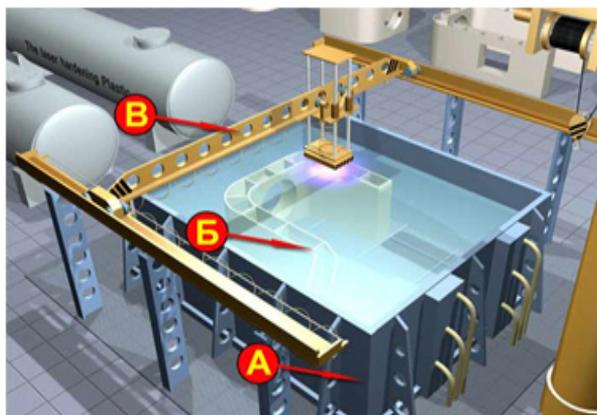


Рис. 1. Автоматический роботизированный комплекс, применяемый для производства строительных изделий и конструкций: А – большая промышленная ванна для выращивания строительных блоков, наполняемая светоотвердевающим составом; Б – жидкий полимер-керамический или полимерный состав с последовательной, постепенной, послойной подачей, заливкой слоем от 0,5–2 мм; В – робот лазерной проекции на кран-балке движется над поверхностью жидкости, проецируя лазером рисунок каждого следующего тонкого слоя, образующего в результате блок здания или опалубки

После изготовления опалубки рабочая полимерная жидкость сливается обратно в цистерны хранения. Готовая опалубка поднимается из ванны краном (рис. 2).



Рис. 2. Готовая опалубка

Далее опалубка перемещается на транспортную платформу, оснащенную краном, для выгрузки в назначенное место хранения и дальнейшей отгрузки для вывоза на строительную площадку. Платформа снабжена электрическими двигателями и свободно перемещается по цеху.

Для уменьшения веса и сохранения конструктивной прочности строительных сооружений с помощью лазерной стереолитографии может создаваться внутреннее, полостное, структурное строение блоков. Для закрепления бетона внутри полости строение создается ребристым, обеспечивая прочное композитное соединение формирующей стенки и бетонного заполнения (рис. 3).

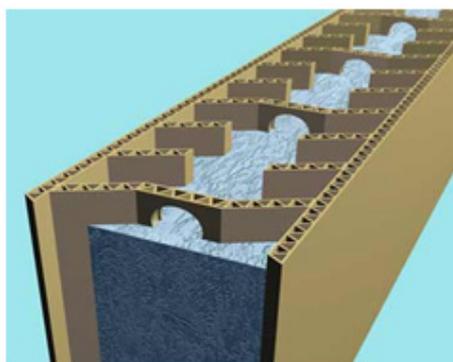


Рис. 3. Внутреннее полостное строение блоков опалубки

Установленный на готовое фундаментное основание выращенный полимер-керамический или полимерный блок опалубки подготовлен для заливки в пустоты бетонным, пенобетонным, композитным составом (рис. 4). Крепление блоков опалубки друг с другом может быть различным: винтовое, строительным клеем, скрепляющими замками и т.д.

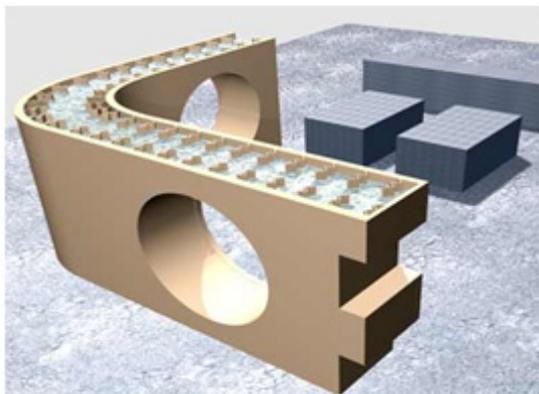


Рис. 4. Выращенный блок опалубки, подготовленный для заливки

Преимущества применения лазерной стереолитографии в строительстве:

- 1) позволяет создавать различные архитектурные решения без ограничений планировки;
- 2) быстрая возводимость;
- 3) увеличение несущей способности сооружений;
- 4) позволяет получить качественную поверхность детали без какой-либо доработки;
- 5) позволяет избавиться от рутинного человеческого труда путем автоматизации процесса;
- 6) экологичность;
- 7) эстетичность.

Лазерная стереолитография в строительстве позволяет более гармонично вписывать строения в окружающую среду, позволяет приблизить архитектурные формы к бионическим.

Город Пермь является стремительно развивающимся, застраиваемым городом. Для увеличения скорости застройки, а также создания более качественных, привлекательных архитектурных сооружений целесообразно ввести использование лазерной стереолитографии в строительстве на территории нашего города. Более того, внедрение лазерной стереолитографии позволит экспериментировать с формами объектов.

Список литературы

1. Опыт продвижения российской CAD/CAM-системы на западном рынке [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.sapr.ru/Archive/SG/2000/11/19/index1.htm>.
2. Лазерный синтез объемных изделий [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.fian.smr.ru/sls.pdf>.
3. Лазерная печать [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.3dnews.ru/160001/page-2.html>.
4. Белова С.А. Промышленное применение лазеров: учеб. пособие. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2007. – 288 с.
5. Безъязычный В.Ф., Федосеев Д.С., Сафронов А.В. Изготовление деталей машин методом прототипирования: учеб. пособие / РГАТА им. П.А. Соловьева. – Рыбинск, 2011. – 94 с.
6. Оперативное формирование трехмерных объектов методом лазерной стереолитографии [Электронный ресурс]. – URL: <http://znanie-foreva.narod.ru/1/stereolirografiya.pdf>.

Получено 7.10.2013

Мальшева Валерия Леонидовна – магистрант, ПНИПУ, СТФ, гр. ЭУН 2-13-1М, ПНИПУ, e-mail: lerikmmm@gmail.com.

Красмирова Силвия Стефанова – магистрант, ПНИПУ, СТФ, гр. ЭУН 2-13-1М, e-mail: silviaks999@gmail.com.