Куликов М. Ю., Ларионов М. А., Гусев Д. В.
M. Y. Kulikov, M. A. Larionov, D. V. Gusev

О ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ ПРОТОТИПИРОВАНЫХ ОБРАЗЦОВ С УСЛОВИЯМИ ИХ БАЗИРОВАНИЯ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ

ON THE INTERACTION OF SURFACE ROUGHNESS OF PROTOTYPE SAMPLES WITH THEIR LOCATION CONDITIONS IN THE PROCESS OF MANUFACTURING

Куликов Михаил Юрьевич – доктор технических наук, профессор Института конструкторско-технологической информатики РАН (ИКТИ РАН) (Россия, Москва).
Mr. Kulikov Michael Yu. – Doctor of Engineering, Professor, Institute of Design-Engineering Informatics, Russian Academy of Sciences (Russia, Moscow).

Ларионов Максим Александрович – кандидат технических наук, старший научный сотрудник Института конструкторско-технологической информатики РАН (ИКТИ РАН) (Россия, Москва).
Mr. Larionov Maksim A. – PhD in Engineering, Higher Senior Officer, Institute of Design-Engineering Informatics, Russian Academy of Sciences (Russia, Moscow).

Гусев Денис Витальевич – аспирант Московского государственного университета путей сообщения (МГУПС МИИТ) (Россия, Москва).
Mr. Gusev Denis V. – Postgraduate, Moscow State University of Railway Engineering (Russia, Moscow).

Аннотация. В данной статье описывается одна из более перспективных технологий послойной печати изделий. Приводится краткое описание принципа работы технологии и использованного материала для выращивания образцов. Авторы рассказали о установке, на которой происходило изготовление. Полученные 3D картины поверхностей образцов наглядно показывают, что условия базирования влияют на шероховатость поверхности при прототипировании. Исследование, проведенное нами, помогло найти оптимальную схему базирования во время печати образцов.

Summary. This article covers one of the promising layer-by-layer product printing technologies. A brief description of the technology principle and the material used for growing the samples is given. The authors describe the unit for manufacturing. The obtained 3D pictures of surface samples demonstrate that the location conditions affect the rough surface when prototyping. A conducted study helped us find an optimal location scheme when printing samples.

Ключевые слова: прототипирование, детали машин, фополимер, технология, шероховатость.

Key words: prototyping, machine parts, photopolymer, technology, roughness.

УДК 621.763

В последние годы все большее распространение находят технологии Rapid Prototyping (PR) для изготовления деталей различного назначения. Прототипирование – это быстрая реализация базовой функциональности объекта для анализа работы системы в целом. На этапе прототипирования малыми усилиями создается условно работающая система. После этапа прототипирования в большинстве случаев следуют этапы доработки объекта, разработки, реализации и тестирования конечного продукта. Но в большинстве случаев использование технологий прототипирования приводит к получению изделий, которые используются в реальном производстве напрямую [1].

Эффект от применения быстрого прототипирования выражается в значительном сокращении времени и затрат на разработку новых изделий, а также в повышении качества разработки.

Одна из перспективных технологий выращивания изделий из полимерных материалов является технология Direct Light Projection (DLP). Эта технология одна из самых быстрых, точных и требует минимальных затрат материальных и трудовых ресурсов, что не мало важно в современных условиях рынка машиностроительной продукции.

В технологии DLP для построения модели используется фотополимер, отверждение которого происходит при помощи УФ-излучения. Процесс (см. рис. 1) разработан Texas Instruments и используется фирмой Envisiontec (Германия). На установках компании Envisiontec полимеризация материала осуществляется не по точкам, а послойно, по растровым маскам, благодаря этому скорость построения не зависит от размеров и сложности детали, а только от количества слоев. Скорость построения по Z составляет от 10 до 20 мм/ч в зависимости от толщины слоя [2].

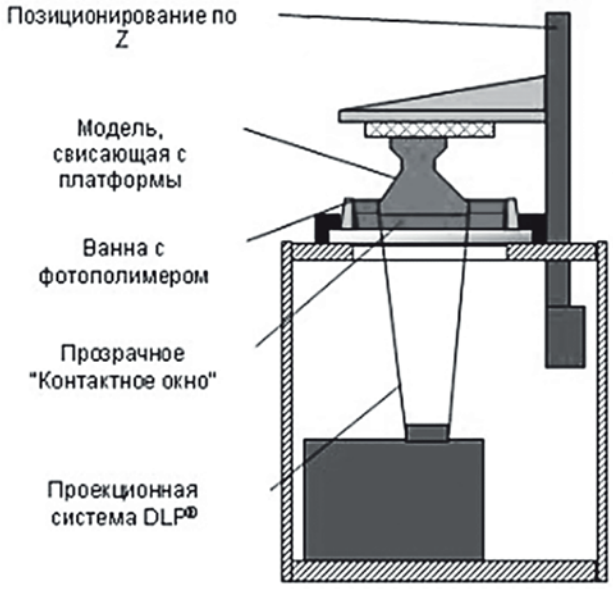


Рис. 1. Принципиальная схема рабочей части Direct Light Projection – DLP

Отличительной особенностью технологии DLP является то, что изделия, получаемые после выращивая и удаления поддерживающих элементов, пригодны для дальнейшего использования без всякой механической и иной доработки, так как отклонения точности деталей не превышают 0,0005 мм и чистота поверхностного слоя соответствует Ra порядка 0,63. Таким точностным характеристикам не каждая технология быстрого прототипирования отвечает, чаще всего после процесса выращивания требуется дополнительная механическая обработка деталей, что увеличивает время изготовления и стоимость конечного продукта.

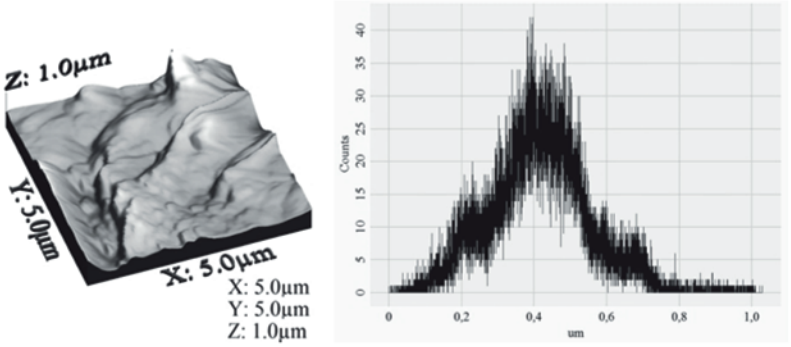
Но в ходе отработки технологии авторами было замечено, что на точность и качество выращиваемого изделия очень сильно влияет положение его ответственных поверхностей относительно «Контактного окна». При различных схемах базирования выращиваемого изделия качество поверхностного слоя изменялось, но не превышало Ra 0,63.

Цель работы – выявить влияние базирования выращиваемого изделия на шероховатость во время процесса формообразования при прототипировании.

В качестве образцов были выбраны пластины размером 10x10x3 мм, а исследуемой поверхности – плоскость 10x10 мм. Несколько серий пластин из высокотемпературного фотополимера НТМ-140 по технологии Direct Light Projection (DLP) были напечатаны на 3D

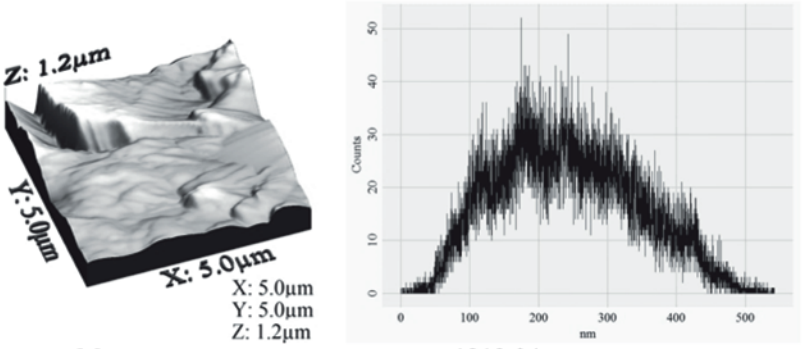
принтере – Envisiontec Ultra2. Пластины, изготовленные из HTM-140, после извлечения из принтера имеют температурную стойкость 140 °С без дальнейшей механической доработки. Материал HTM-140 – один из самых востребованных среди представленных компанией Envisiontec в машиностроение. Серия состоит из пяти пластин, каждая из которых отличается между собой тем, что угол наклона между исследуемой базовой поверхностью и «Контактным окном» варьировался от 0° до 10° с шагом в 2°.

Результаты исследований каждой серии образцов представлены на рис. 2-7 соответственно.



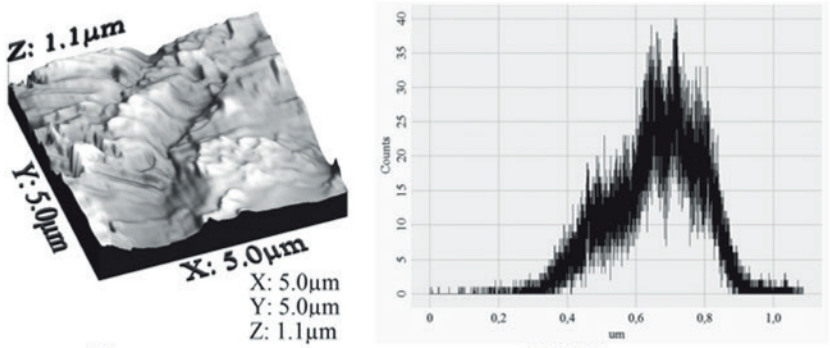
Max	1028,72 nm
Min	0 nm
Амплитуда высот, Sy	1028,72 nm
Средняя шероховатость, Sa	106,17 nm

Рис. 2. Трехмерная картина и диаграмма состояния поверхностного слоя 1-й серии образцов с углом наклона базовой поверхности 0°



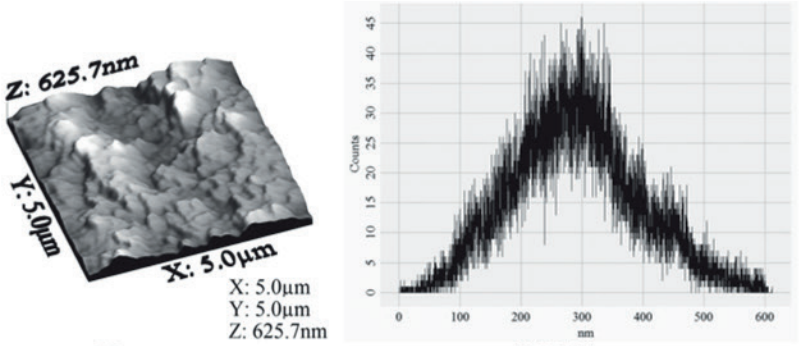
Max	1213,04 nm
Min	0 nm
Амплитуда высот, Sy	1213,04 nm
Средняя шероховатость, Sa	105,232 nm

Рис. 3. Трехмерная картина и диаграмма состояния поверхностного слоя 2-й серии образцов с углом наклона базовой поверхности 2°



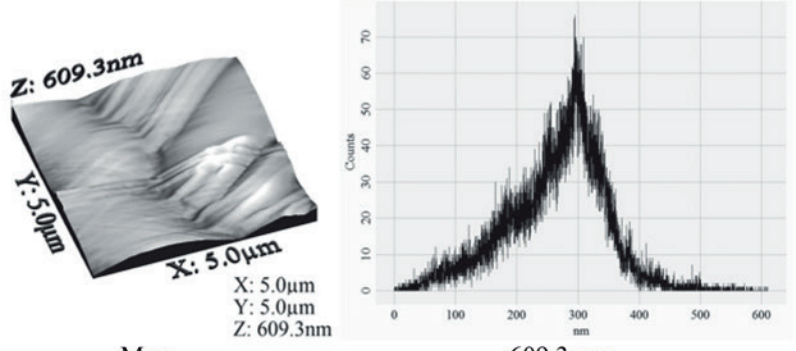
Max	1085,72 nm
Min	0 nm
Амплитуда высот, Sy	1085,72 nm
Средняя шероховатость, Sa	103,799 nm

Рис. 4. Трехмерная картина и диаграмма состояния поверхностного слоя 3-й серии образцов с углом наклона базовой цповерхности 4°



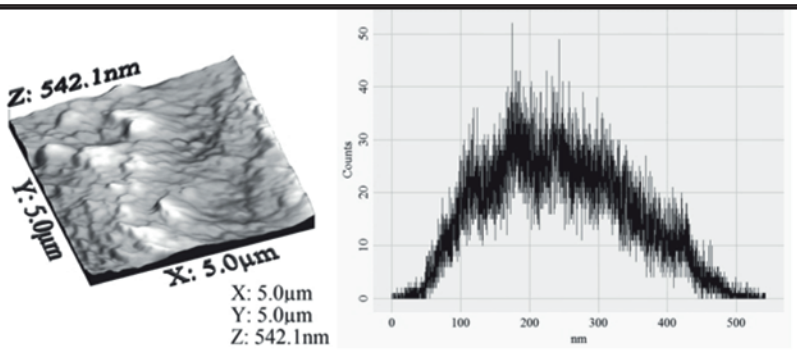
Max	625,754 nm
Min	0 nm
Амплитуда высот, Sy	625,754 nm
Средняя шероховатость, Sa	84,082 nm

Рис. 5. Трехмерная картина и диаграмма состояния поверхностного слоя 4-й серии образцов с углом наклона базовой поверхности 6°



Max	609,3 nm
Min	0 nm
Амплитуда высот, Sy	542,092 nm
Средняя шероховатость, Sa	62,347 nm

Рис. 6. Трехмерная картина и диаграмма состояния поверхностного слоя 5-й серии образцов с углом наклона базовой поверхности 8°



Max	542,1nm
Min	0 nm
Амплитуда высот, Sy	609,352 nm
Средняя шероховатость, Sa	83,1501 nm

Рис. 7. Трехмерная картина и диаграмма состояния поверхностного слоя 6-й серии образцов с углом наклона базовой поверхности 10°

Из представленных результатов видно, что при формировании плоской поверхности методами быстрого прототипирования по технологии DLP самой оптимальной схемой базирования является та, у которой угол наклона базовой плоскости соответствует 8°. Это объясняется тем, что площадь выращиваемого слоя меньше, чем при угле наклона 0° и в процессе отлипания от «Контактного окна», воздействие следующего слоя минимально на предыдущий слой, который еще до конца не заполимеризовался. А при угле наклона базовой поверхности более 8° отрицательное воздействие осуществляет сила тяжести, которая приводит к сдвигу недополимеризованого слоя и повышению шероховатости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Грабченко, А. И. Интегрированные генеративные технологии: учеб. пособие / А. И. Грабченко, Ю. Н. Внуков, В. Л. Доброскок; под ред. А. И. Грабченко. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2011. – 416 с.
2. http://www.cybercom.ru
3. http://www.3D-systems.com