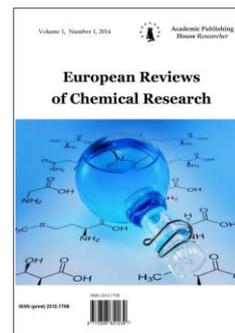


Copyright © 2014 by Academic Publishing House *Researcher*



Published in the Russian Federation
European Reviews of Chemical Research
Has been issued since 2014.
ISSN: 2312-7708
Vol. 1, No. 1, pp. 4-9, 2014

DOI: 10.13187/ejchr.2014.1.4
www.ejournal14.com



UDC 678.5.02

Defining the Conditions of 3D Printing Using Abs Plastic

- ¹Marat I. Abdullin
²Azamat A. Basyrov
³Sergey N. Nikolaev
⁴Yuliya A. Koksharova
⁵Nikolay V. Koltaev

¹⁻⁵ Bashkir State University, Russian Federation
450074, Ufa, Mingazheva St., 100
E-mail: ProfAMI@yandex.ru

Abstract

The article shows the possibility of printing materials using the 0809M ABS plastic. There have been determined the optimum temperature and feed rate of ABS filaments for obtaining prototypes of the highest quality. We have studied the physico-mechanical characteristics of the prototype, depending on the method of application of the polymeric material.

Keywords: 3D printing; 0809M ABS; three-dimensional prototyping; melt flow index; thermal stability; FDM.

Введение

Технология 3D печати является одной из наиболее бурно развивающихся технологий в современном мире [1-3]. Впервые появившись как инструмент для визуализации и прототипирования, 3D печать завоевывает все более обширные области приложения [4, 5]. Расширение области использования трехмерных прототипов в первую очередь связано с материалами, используемыми для печати, а также с физико-механическими характеристиками конечных прототипов [6]. Одним из наиболее перспективных видов трехмерного прототипирования признана технология FDM (fuseddepositionmodeling). Благодаря универсальности перерабатываемых материалов, возможности печати прототипов различной геометрии и доступности технология FDM является наиболее распространенной технологией 3D печати.

Целью данной работы являлось определение условий переработки АБС с использованием 3D принтера.

Экспериментальная часть

Использованные материалы: АБС-пластик марки 0809М, диаметр филамента 3 мм. Печать трехмерных прототипов осуществляли с использованием 3D принтера UnicBot.

Определение условий печати проводили на основании параметра заполняемости трехмерного прототипа, характеризующего отношение теоретического объема образца к реальному, и расчет которого проводили на основании следующей формулы:

$$W = \frac{V_P}{V_T} \cdot 100\% \quad \text{I)}$$

С учетом сложности определения реального объема образца, расчет заполняемости проводили с использованием отношений масс теоретического и реального образцов, с учетом плотности использованного образца АБС-пластика, равной 1,04 г/см³:

$$W = \frac{m_P}{m_T} \cdot 100\% \quad \text{II)}$$

На основе используемой формулы теоретическая масса модельного образца составляет 2,26г.

В качестве управляющей программы была использована программа Cugav.13.06.4[7]. В качестве тестовой модели для определения оптимальных условий печати трехмерных прототипов был использован полый цилиндр следующей геометрии: высота 20 мм, диаметр 20 мм, толщина стенки 2 мм. Условия печати были выбраны следующие: толщина слоев 0,2 мм, температуры 220–250°C, скорость подачи филамента 0,1 до 0,26 см³/мин.

Реологические свойства полимеров изучали методом капиллярной вискозиметрии на приборе ИИРТ в интервале температур 200–250°C при нагрузке 49Н. Показатель текучести расплава ПТР (г/10мин) вычисляли по формуле [8, 9]:

где m – масса расчётного отрезка экструдированного полимера, г;

t – время истечения полимера, с.

Для изучения термодеструкции применяли метод динамической ТГА в сочетании с ДТА и ДГГ. Динамическую ТГА проводили на дериватографе MettlerToledo TGA/DSC в

$$ПТР = \frac{600 \cdot m}{t} ,$$

интервале температур от 20 до 600 °С в атмосфере азота при одновременном удалении газообразных продуктов деструкции. Величина навески составляла 5,5±0,1 мг, скорость подъема температуры 5–20 °С/мин.

Обсуждение результатов

Наиболее распространенным полимером для 3D печати является АБС-пластик марки 0809М, однако вопрос об оптимальных условиях переработки данного полимера во многом остается открытым вследствие ограниченности литературных данных. Кроме того, сложность определения условий печати полимером определяется во многом отсутствием универсальности использованных входных параметров для печати, а именно скорости подачи и температуры переработки полимерного материала.

Температурное технологическое окно для переработки полимера, характеризующего интервал температур, при котором возможна переработка полимера, определяется в нижней границе текучестью полимерной системы, в верхней границе – деструкцией полимера при переработке. Так нижняя граница технологического окна может быть выявлена путем определения ПТР полимера при различных температурах. Экспериментальные данные свидетельствуют: АБС марки 0809М проявляет заметную текучесть при температуре выше 220°C, тогда как при температуре ниже 220°C показатель текучести расплава характеризуется значением ниже 5 г/10 мин. Известно, что переработка термопластов методом экструзии может быть эффективно произведена лишь в том случае, если вязкость расплава полимера в условиях переработки находится в интервале 10²÷10⁴Па·с (табл. 1). Данному условию удовлетворяет расплавы АБС-пластика при температуре выше 220°C. Таким образом, нижняя технологическая зона переработки АБС марки 0809М с использованием 3D принтера может быть осуществлена при температуре расплава выше 220°C.

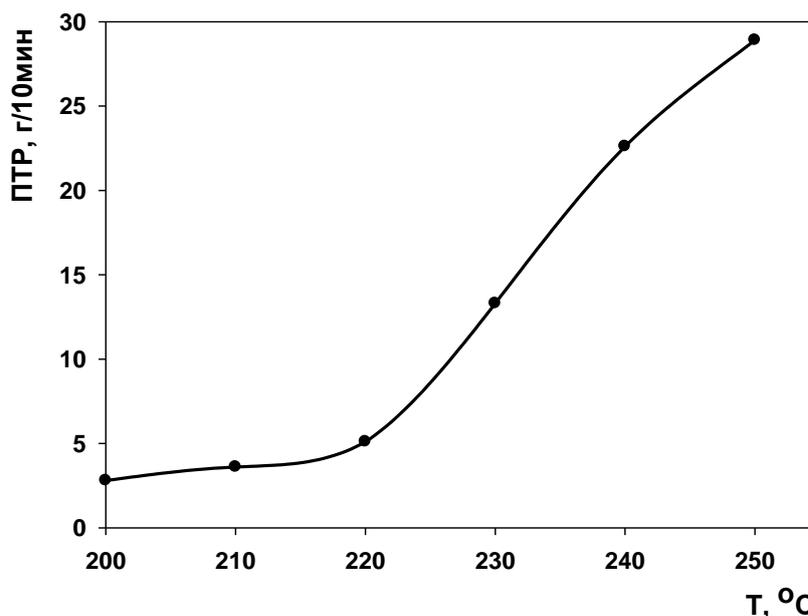


Рис. 1. Зависимость ПТР АБС марки 0809М от температуры.

Таблица 1

Реологические характеристики АБС марки 0809М

№	Т, °С	ПТР, г/10мин	η , Па×с	$\lg\eta$
1	200	2,8	27738	4,44
2	210	3,6	21574	4,33
3	220	5,1	15229	4,18
4	230	13,3	5840	3,77
5	240	22,6	3437	3,54
6	250	28,9	2687	3,43

При переработке термопластов методом экструзии из расплава верхний предел технологической температуры в экструдере определяется термальной стабильностью полимера. Термическое разложение АБС характеризовали с использованием термогравиметрического анализа. АБС-пластик в условиях анализа демонстрировал высокую термическую стабильность. Начало термической деструкции отмечалось при температуре выше 240-250°С (рис. 2), при этом максимальная степень термической деструкции отмечалась при температуре 410°С. Исходя из данных термогравиметрического анализа, максимальная температура переработки АБС-пластика составляет 250°С. Таким образом, переработка АБС-пластика может быть осуществлена в довольно узком технологическом окне от 220 до 250°С.

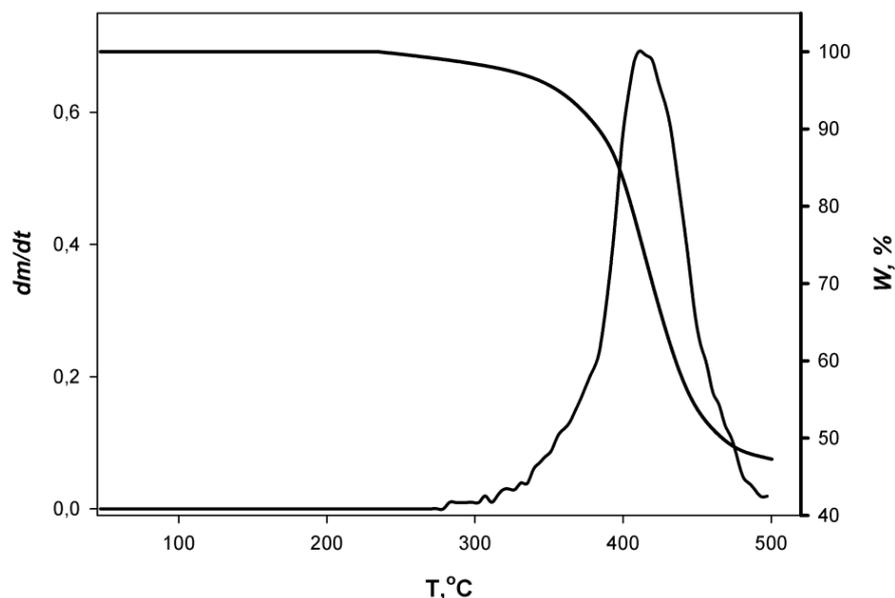


Рис. 2. Термограмма АБС марки 0809М (10°С/мин, 5,5 мг)

Установлено, что оптимальная область печати характеризуется достаточно узким интервалом в диапазоне заполнения тестовой модели 100 ± 5 % (рис. 3). При степени заполнения прототипа с использованием АБС-пластика >105 % наблюдается образование облоя на поверхности модели. Тогда как при степени заполнения прототипа менее 95 % наблюдается образование пропусков печатных слоев, что в свою очередь приводит к ухудшению физико-механических и эстетических характеристик конечных прототипов.



Рис. 3. Различная степень заполнения тестовой модели на основе АБС 0809М:
1 – $<95\%$; 2 – $\geq 105\%$

Экспериментальные данные свидетельствуют, что с увеличением скорости подачи филамента степень заполнения модельного образца закономерно увеличивается. При этом наблюдается практически линейный рост заполняемости образца, так при увеличении скорости подачи филамента от 0,1 до 0,27 см³/мин (240°С) степень заполняемости увеличивается от 78 до 113 % (рис. 4., кр.3). Данное явление объясняется тем, что с ростом подачи филамента увеличивается объемный выход полимера, и соответственно количество полимера, подаваемого по траектории движения печатной головки 3D принтера.

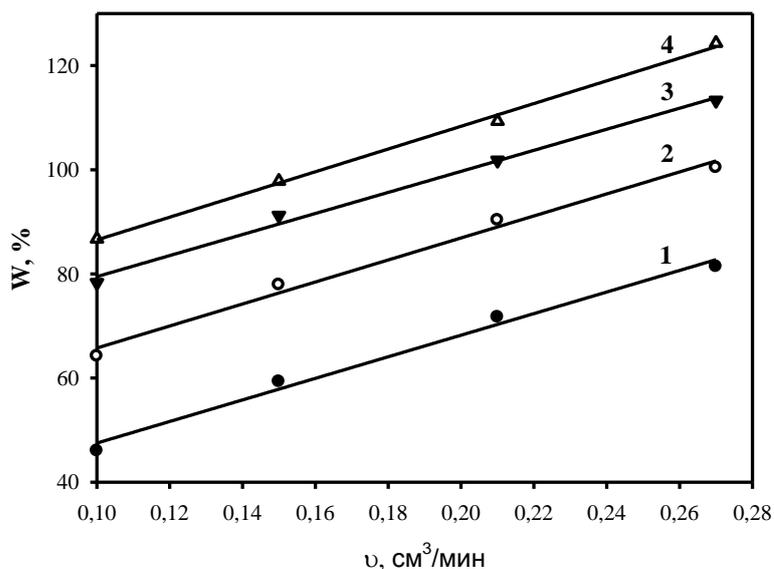


Рис. 4. Зависимость степени заполнения тестовой модели от скорости подачи полимерного филамента и температуры, °С: 1 – 220; 2- 230; 3 – 240; 4 – 250

Экспериментальные данные свидетельствуют, что печать трехмерных прототипов при температуре ниже 220°C практически неосуществима по причине низкой текучести при данной температуре АБС-пластика. Переработка АБС-пластика при температуре выше 250°C приводит к деструкции полимера, что в частности выражается в образовании газовых включений в состав полимера, переработанного с помощью экструдера на 3D принтере.

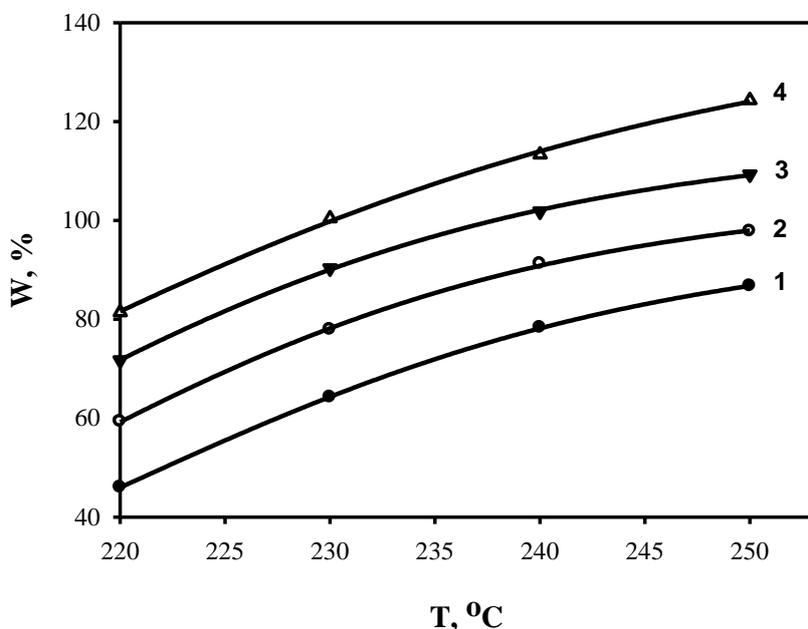


Рис. 5. Зависимость степени заполнения тестовой модели от температуры скорости подачи полимерного филамента, см³/мин: 1 – 0,1; 2- 0,15; 3 – 0,21; 4 – 0,27

Заключение

Таким образом, определены оптимальные условия печати трехмерных прототипов с использованием технологии 3D печати АБС-пластиком марки 0809М. Установлено, что

трехмерные прототипы с наиболее высокими эстетическими характеристикам могут быть получены при степени заполнения прототипа 100 ± 5 %. Данная степень заполнения может быть достигнута в достаточно узком интервале температур 220-250°C и скорости подачи филамента 0,1–0,27 см³/мин.

Примечания:

1. http://www.wipo.int/wipo_magazine/en/2013/02/article_0004.html; дата обращения 20.02.2014.
2. <http://www.explainingthefuture.com/3dprinting.html>; дата обращения 20.02.2014.
3. http://www.meti.go.jp/english/publications/pdf/journal2013_08a.pdf; дата обращения 20.02.2014.
4. <http://www.3ders.org/applications.html>; дата обращения 20.02.2014.
5. <http://3dprintingindustry.com/3dp-applications/>; дата обращения 20.02.2014.
6. <http://www.3ders.org/3d-printing-materials.html>; дата обращения 20.02.2014.
7. <http://software.ultimaker.com/>; дата обращения 20.02.2014.
8. Лапутько В.Н. и др. Пласт. Массы. №3. 1994. С. 31.
9. Калинин Э.Л., Саковцева М.Б. Свойства и переработка термопластов. Л.: Химия, 1983.

References:

1. http://www.wipo.int/wipo_magazine/en/2013/02/article_0004.html; data obrashcheniya 20.02.2014.
2. <http://www.explainingthefuture.com/3dprinting.html>; data obrashcheniya 20.02.2014.
3. http://www.meti.go.jp/english/publications/pdf/journal2013_08a.pdf; data obrashcheniya 20.02.2014.
4. <http://www.3ders.org/applications.html>; data obrashcheniya 20.02.2014.
5. <http://3dprintingindustry.com/3dp-applications/>; data obrashcheniya 20.02.2014.
6. <http://www.3ders.org/3d-printing-materials.html>; data obrashcheniya 20.02.2014.
7. <http://software.ultimaker.com/>; data obrashcheniya 20.02.2014.
8. Laput'ko V.N. i dr. Plast. massy. №3. 1994. S. 31.
9. Kalinchev E.L., Sakovtseva M.B. Svoistva i pererabotka termoplastov. L.: Khimiya, 1983.

УДК 678.5.02

Определение условий 3D печати ABS пластиком

¹Марат Ибрагимович Абдуллин

²Азамат Айратович Басыров

³Сергей Николаевич Николаев

⁴Юлия Александровна Кокшарова

⁵Николай Владимирович Колтаев

¹⁻⁵ Башкирский государственный университет, Российская Федерация
450074, г. Уфа, ул. Мингажева, 100
E-mail: ProfAMI@yandex.ru

Аннотация. Показана возможность печати материалов с использованием ABS-пластика марки 0809M. Определены оптимальная температура и скорость подачи филаментов ABS для получения прототипов наиболее высокого качества. Изучены физико-механические характеристики прототипов в зависимости от способа наложения полимерного материала.

Ключевые слова: 3D печать; ABS 0809M; трехмерное прототипирование; показатель текучести; термостабильность; FDM.