

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ЛИТЕЙНОЙ МОДЕЛИ МЕТОДОМ 3D ПЕЧАТИ

**С. В. Белоплотов, А. В. Балашов, А. О. Черданцев,
Е. А. Новиковский, М. Н. Заборцева**

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова,
г. Барнаул, Россия

Рассмотрен экструзионный метод 3D печати. Определена зависимость удельного веса материала образца от процента заполнения материала при 3D печати. Исследовано влияние процента заполнения материалом детали на предел прочности при изгибе. Описано построение литейной опоки.

Ключевые слова: 3D-печать, экструзионный метод, АБС пластик, предел прочности при изгибе, удельный вес, процент заполнения

PRODUCTION OF FOUNDRY MODEL BY METHOD 3D PRINTING

**S. V. Beloplotov, A.V. Balashov, A. O. Cherdantsev,
E. A. Novikovsky, M. N. Zaborcheva**

Altai State Technical University, Barnaul, Russia

It is considered extrusive the 3D methods – the press. Dependence of specific weight of material of a sample on percent of filling of material is defined at 3D – the press. Influence of percent of filling with detail material on strength at a bend is investigated.

Keywords: the 3D – the press, an extrusive method, ABS plastic, strength at a bend, the specific weight, filling percent

В настоящее время начинает распространяться новый метод получения деталей – 3D печать. Процесс создания цельных трехмерных объектов практически любой геометрической формы на основе цифровой модели называют «аддитивным производством» или 3D печатью. 3D печать основана на концепции построения объекта последовательно наносимыми слоями, отображающими контуры модели. Одним из распространенных методов 3D печати является – экструзионный. При этом методе нить из термопластика (полилактид (PLA), акрилонитрил-бутадиенстирол (ABS) и др.) 2 подается в печатающую головку 1, где разогревается и выдавливается через экструдер на подвижную платформу 3D принтера (рисунок 1) [1].

Однако для применения этого метода для изготовления литейной технологической оснастки необходимо изучить свойства напечатанных изделий.

Для изучения механических свойств деталей, полученных 3D печатью, проведены испытания на растяжения и изгиб.

1. Испытание на растяжение

Были напечатаны образцы по типу 1 в соответствии с ГОСТ 11262-80 [3] с формированием поверхностного слоя состоящего из оболочки с 4, 6, 8 и 10 нитями (рисунки 2, 3).

Образцы печатались при следующих режимах: тип пластика «АБС»; диаметр сопла экструдера – 0,3 мм; высота слоев – 0,25 мм; ширина нити – 0,45 мм; коэффициент подачи пластика – 0,97; температура экструдера – 250 °С; температура первого слоя – 115 °С; температура стола остальных слоев – 105 °С; скорость печати 80 мм/с; заполнение детали – 100 %.

Далее образцы испытывались на растяжение на разрывной машине INSTRON 3369 (рисунок 4) при скорости испытания 5 мм/мин.

Результаты испытания типовых образцов приведены на рисунке 5.

По результатам обработки экспериментальных данных получена зависимость (1) прочности при растяжении детали из термопластика ABS от количества нитей на оболочке поверхностного слоя (рисунок 6).

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ЛИТЕЙНОЙ МОДЕЛИ МЕТОДОМ 3D ПЕЧАТИ

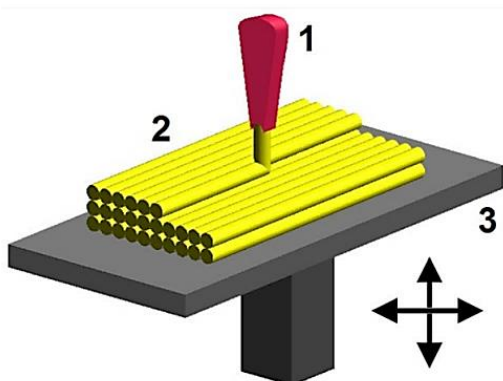


Рисунок 1 – Схема работы 3D принтера



Рисунок 3 – Образцы для испытания на растяжение

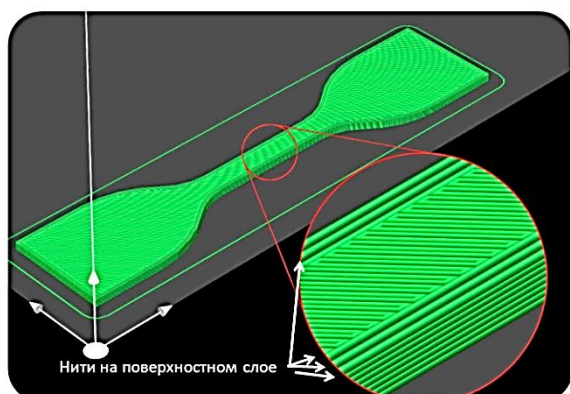


Рисунок 2 – 3D модель образца для испытаний на растяжение



Рисунок 4 – Испытание на растяжение образцов

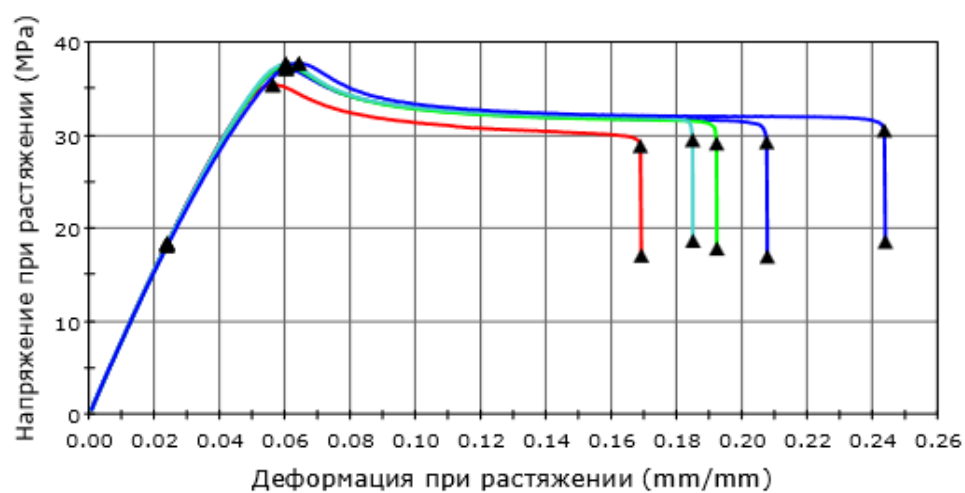


Рисунок 5 – Результаты испытания типовых образцов, где — 2 нитки; — 4 нитки; — 6 ниток; — 8 ниток; — 10 ниток

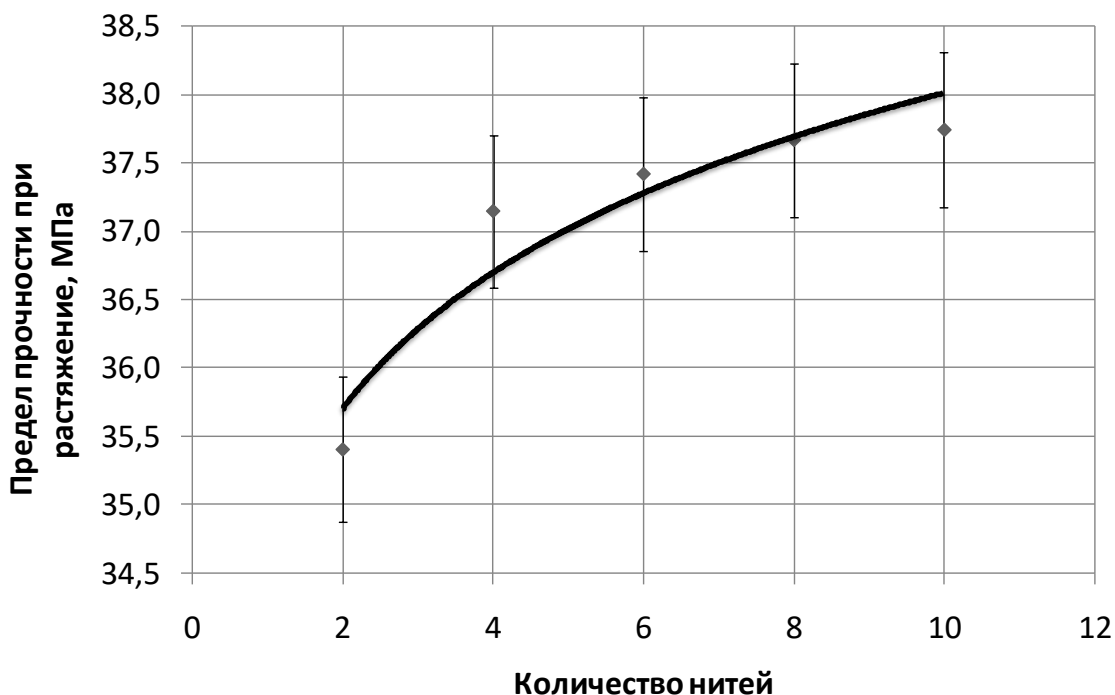


Рисунок 6 – Зависимость предела прочности при растяжении от количества нитей

$$\sigma_p = 1,434 \cdot \ln(k) + 34,7,$$

(1)

где σ_p – предел прочность при растяжении, МПа; k – количество нитей на оболочке детали

2. Испытание на изгиб

По рассмотренной технологии напечатаны образцы 20×25×120 мм по ГОСТ 4648-73 [4].

Образцы печатались при следующих режимах: тип пластика «АВС»; диаметр сопла экструдера – 0,3 мм; высота слоев – 0,25 мм; ширина нити – 0,45 мм; коэффициент подачи пластика – 0,97; температура экструдера – 250 °С; температура стола первого слоя – 115 °С; температура стола остальных слоев – 105 °С; скорость печати 80 мм/с; с формированием слоёв с заполнением материала 20, 40 60, 80 и 100 % (рисунок 7).

Далее образцы взвешивались на аналитических весах САРТОГОСМ СЕ224 и испытывались на изгиб на испытательной установке INSTRON 3369 по трехточечной схеме (рисунок 8). Сущность метода заключается в том, что образец для испытаний, свободно лежащий на двух опорах, кратковременно нагружают в середине между опорами. При этом определяли следующие показатели:

- изгибающее напряжение и значение прогиба в момент разрушения для пластика, разрушающегося при заданной величине прогиба или до достижения этой величины;

- изгибающее напряжение при заданном значении прогиба для пластика, не разрушающихся при заданной величине прогиба или до достижения этой величины;

- изгибающее напряжение при максимальной нагрузке для пластика, у которых при заданной величине прогиба или до достижения этой величины нагрузка проходит через максимум;

- изгибающее напряжение при разрушении или при максимальной нагрузке, когда прогиб превышает заданное значение прогиба, если это предусмотрено в нормативно-технической документации на пластик [2].

По результатам взвешивания образцов определена зависимость влияния процента заполнения материала на удельный вес материала образца (таблица 1).

Зависимость влияния процента заполнения материала на удельный вес материала образца описывается уравнением 2.

$$\rho = -4 \cdot 10^{-15} \lambda - 0,0064 \lambda^2 + 0,1836 \lambda + 0,212, \quad (2)$$

где ρ – удельный вес материала, гр/см³;
 λ – процент заполнения.

Результаты испытания образцов на изгиб приведены на рисунке 9.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ЛИТЕЙНОЙ МОДЕЛИ МЕТОДОМ 3D ПЕЧАТИ

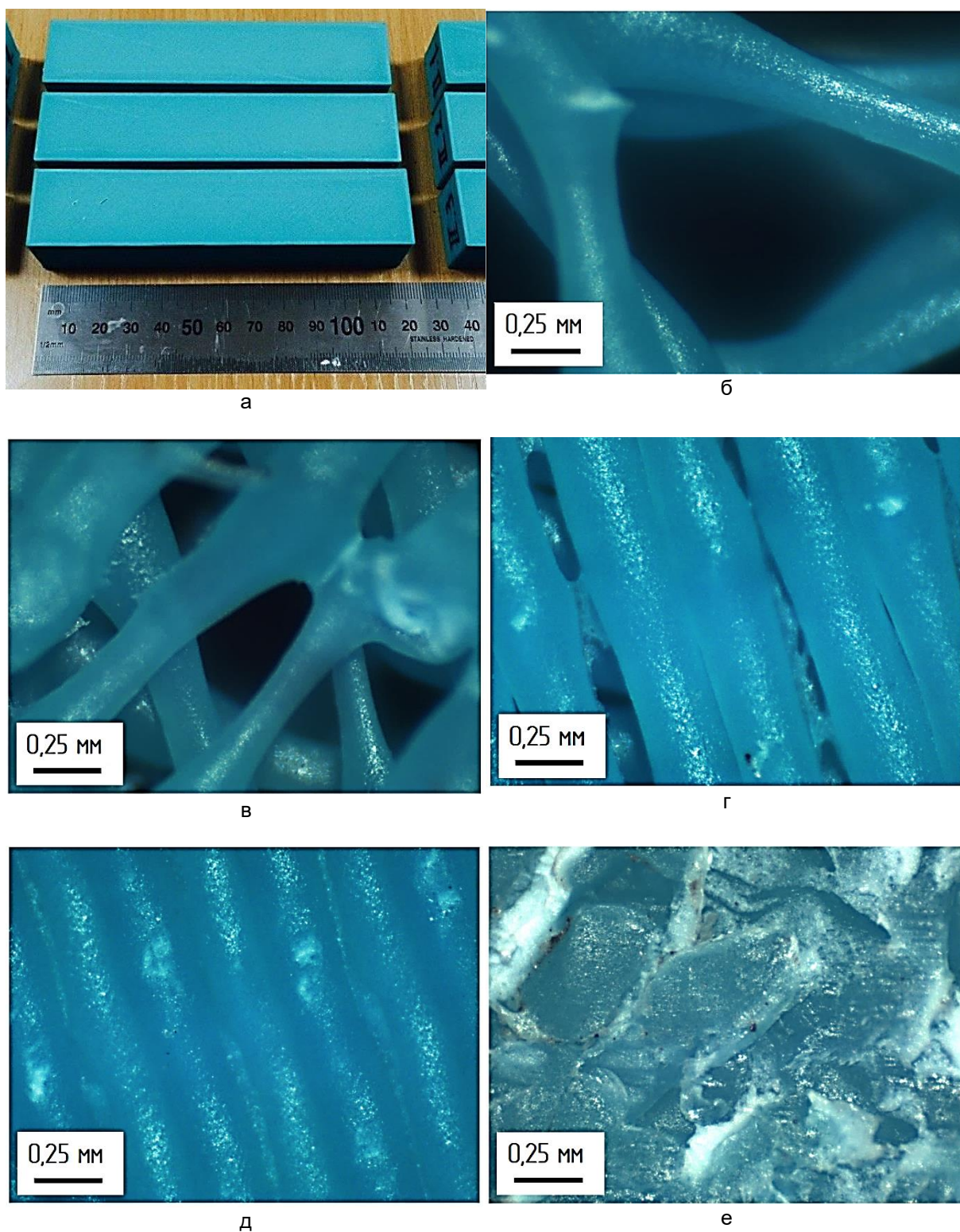


Рисунок 7 – Образцы для испытаний на изгиб: а – общий вид образца; б – внутренняя структура образца с заполнением 20 %; в – внутренняя структура образца с заполнением 40 %; г – внутренняя структура образца с заполнением 60 %; д – внутренняя структура образца с заполнением 80 %; е – внутренняя структура образца с заполнением 100 %



а



б

Рисунок 8 – Исследовательское оборудование: а – взвешивание образца на аналитических весах САРТОГОСМ CE224; б – нагружение образца на испытательной установке INSTRON 3369

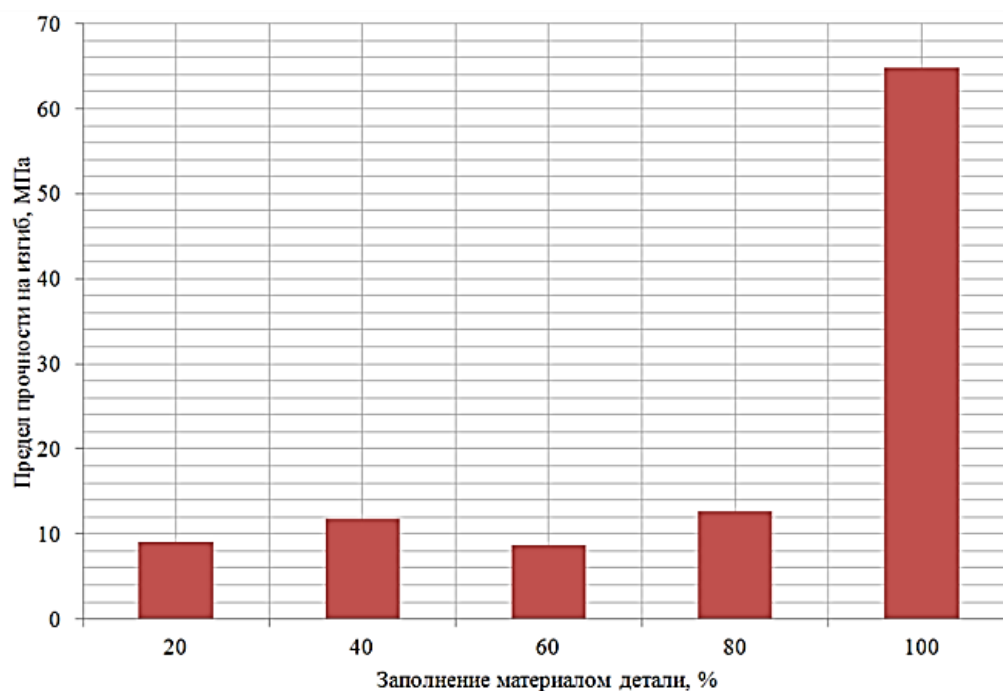


Рисунок 10 – Диаграмма зависимости предела прочности при изгибе от заполнения материалом детали

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ЛИТЕЙНОЙ МОДЕЛИ МЕТОДОМ 3D ПЕЧАТИ

Таблица 1 – Влияние заполнения материалом модели на её удельный вес

Заполнение, %	20	40	60	80	100
Удельный вес, гр/см ³	0,39	0,55	0,71	0,84	0,97

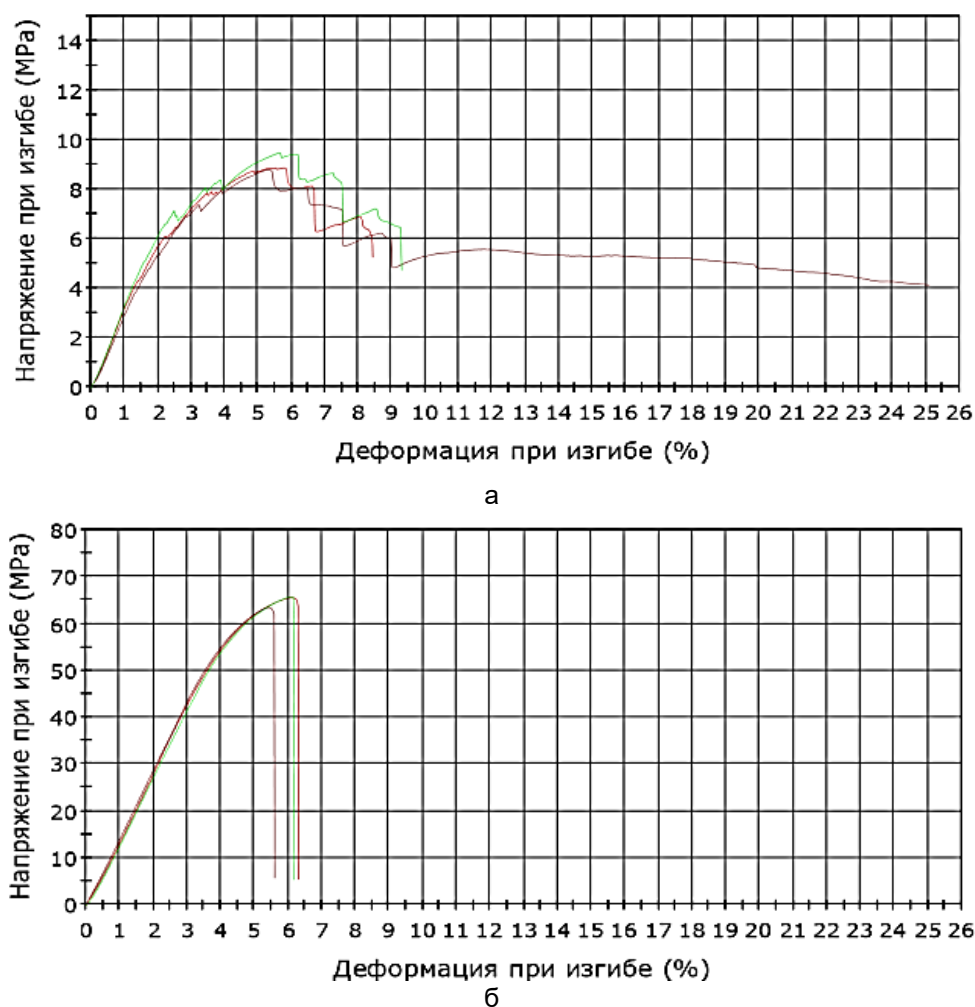


Рисунок 9 – Результаты испытания типовых образцов: а – заполнение 20 %; б – заполнение – 100 %

Результаты обработки экспериментальных данных выявили, что частичное заполнение материалом детали фактически не влияет на предел прочности при изгибе. Предел прочности при изгибе находится в пределах от 9,05 МПа до 12,61 МПа (рисунок 10).

Полное заполнение материалом детали позволяет повысить прочность на изгиб в 6 раз, однако при этом масса изделия возрастет в 2,5 раза по сравнению с заполнением в 20 %.

Установленные механические свойства 3D моделей являются достаточными для изготовления литейной модели.

По рассмотренной технологии были напечатана литейная модель при следующих режимах: тип пластика «АВС»; диаметр сопла экструдера – 0,3 мм; высота слоев – 0,25 мм; ширина нити – 0,45 мм; коэффициент подачи пластика – 0,97; температура экструдера – 250 °С; температура стола первого слоя – 115 °С; температура стола остальных слоев – 105 °С; скорость печати 80 мм/с; с формированием слоев с заполнением материала 20 % (рисунок 11).

По литейной модели отлиты заготовки корпусных деталей узла сцепки железнодорожных вагонов из СЧ20 ГОСТ.



Рисунок 11 – Литейная модель



Рисунок 12 – Отливка корпусной детали

Таким образом:

Установленная зависимость предела прочности при растяжении детали из термопластика ABS от количества нитей на оболочке поверхностного слоя детали может использоваться для проектирования изделий, которые будут изготавливаться методом экструзионной 3D печати.

Установленная зависимость предела прочности при изгибе детали из термопластика ABS и удельного веса материала детали от процента заполнения может использоваться для проектирования изделий, которые будут изготавливаться методом экструзионной 3D печати.

Изготовлена литейная модель методом 3D печати. Литейная модель использована для изготовления отливки.

Список литературы

1. Доступная 3D печать. Для науки, образования и устойчивого развития [Электронный ресурс]. – режим доступа: <https://drive.google.com/file/d/0BwYwplUU6gSuUW5uWIdaYVswNkE/edit?pref=2&pli=1>. – Загл. с экрана.
2. ГОСТ 4648-73. Пластмассы. Метод испытания на статический изгиб.
3. ГОСТ 11262-80. Пластмассы. Метод испытания на растяжение.
4. Балашов А.В., Черданцев А.О., Новиковский Е.А., Ананьин С.В., Белоплотов С.В. Исследование прочности изделий, полученных методом 3d-печати. - Ползуновский вестник. 2016. № 2. С. 61-64.

Белоплотов Степан Валерьевич – студент
Балашов Александр Владимирович – к. т. н., доцент

Черданцев Алексей Олегович – инженер
Новиковский Егор Алексеевич – ассистент
Заборцева Мария Николаевна – магистрант
ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова» (АлтГТУ), г. Барнаул, Россия