

Рисунок 5 — Результаты печати

Перейдем к сравнению получившихся моделей (рисунок 5). Модель из синего пластика была напечатана на принтере Flashforge creator 3, модель из желтого пластика на самодельном 3D принтере. Видим, что синяя модель имеет более четкие грани и укладку слоев. Модель напечаталась почти без единого дефекта, сложным элементом является хвост. Так у желтой модели, принтер не смог напечатать хвост под углом 45° градусов, есть небольшой нагар пластика, слои в некоторых местах лежат не ровно и в целом модель получилась очень скругленной. Эта разница в печати вышла из-за того, что в разных принтерах стоят разные прошивки, более новая электроника, разные драйвера для шаговых двигателей.

Заключение. В обоих случаях печати мы получили очертание кота, но в разном качестве. Принтер Flashforge creator 3 печатает значительно лучше, но его сможет позволить себе не каждый. Делаем вывод, что обычные 3D-принтер можно поставить в любом доме и для печати на нем вещей, которые могут пригодиться в быту, а профессиональные принтера подходят для больших офисов, предприятий или учебных заведений.

УДК 539.424

Н. А. Шустол, Н. Ю. Кондратчик

Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи, Республика Беларусь

ОЦЕНКА ПРОЧНОСТИ PC-ПЛАСТИКА

Введение. Армированные пластики — конструкционные, электроизоляционные, теплозащитные, коррозионностойкие материалы, широко используемые в химическом машиностроении, автомобиле-, авиа- и станкостроении, в космической технике, строительстве, в производстве изделий медицинского назначения и массового потребления. Такие пластики начали широко применяться для 3d-печати. По сравнению с обычным пластиком, армированные более прочные. Изделия из такого пластика могут даже оказаться прочнее металла. Для подтверждения данного факты, было принято решение оценить прочность армированного пластика на примере поликарбоната.

Основная часть. Для армированных пластиков характерны:

- высокая прочность при низкой плотности, что позволяет заменять сталь в конструкциях машин и механизмов;
- устойчивость к воздействию агрессивных сред, что обеспечивает изделиям из них длительные сроки эксплуатации без применения защитных покрытий;
- низкая материалоемкость изготовленных из них изделий, что позволяет снизить массу и расходы на эксплуатацию мобильной техники;
- высокая технологичность, заключающаяся в возможности изготовления крупногабаритных изделий сложной формы без дорогостоящей технологической оснастки и оборудования;
- возможность регулирования в широких пределах тепло- и электропроводности, радио- и светопрозрачности в зависимости от типа применяемых армирующих волокон;
- возможность ремонта в «полевых» условиях без применения специального оборудования;
- низкие капитальные затраты на организацию производства изделий из армированных пластиков;
- работоспособность в широком диапазоне температур и напряжений [1].

Самым доступным оказался поликарбонат. В интернет-магазине mir3d.by можно приобрести 0,5 кг PC-пластика за 95,85 BYN. За другие армированные пластики (PEEK, PEI, PA, PPSF/PPSU) придется отдать более 150 BYN (PA-пластик, остальные стоят более 500 BYN). Поэтому, оценка будет производиться на изделии из данного PC-пластика. Ниже будут перечислены кратко свойства данного материала.

Химические свойства PC следующие: устойчив к солям и минеральным маслам, имеет умеренную химическую стойкость к слабым кислотам, не устойчив к щелочам, аминам, аммиаку, альдегидам, кетонам, этиловому спирту, не устойчив к ароматическим углеводородам, к бензину, керосину, анилину, лакам, растворителям, толуолу, метилен хлориду [2].

Физические свойства PC:

- высокая жесткость, твердость и ударная вязкость (более 20 кДж / м²) во всем диапазоне рабочих температур (до –50 °С);
- легкость — плотность материала 1,20 г / см³;
- стабильность формы, размеров, физических и механических свойств в рабочем диапазоне от –100 °С до +135 °С;
- высокая сопротивляемость ползучести при комнатной температуре;
- хорошая термическая стабильность — длительное удерживание термопласта в нагретом состоянии (до +153 °С) не изменяет его свойств;
- термостойкость — температура обработки от +280 °С до +310 °С;
- светопрозрачность = 90 % ± 1 %;
- показатель преломления = 1,585 ± 0,001;
- низкий коэффициент термического удлинения – напряжение при пределе текучести = 55—65 МПа;
- упругость при растяжении = 2300—2400 МПа;
- предел прочности при растяжении > 70 МПа;
- удлинение на границе текучести = 6—7 %;
- низкий коэффициент водопоглощения = 0,1 ÷ 0,2 %.

Также нужно отметить, что материал обладает высокой морозостойкостью, высокой паро- и газопроницаемостью, хорошими диэлектрическими свойствами (высокое удельное сопротивление), устойчивостью к динамическим нагрузкам и к истиранию, огнестойкостью, трудновоспламеняемостью. У PC гладкая поверхность, что облегчает уход, и поэтому он практически не загрязняется. Пластик не царапается, не требует защиты от механических повреждений. Армируется этот материал стеклянным волокном. PC является идеальным материалом для корпусов.

Для нашего эксперимента мы спроектировали корпус для iPhone 6 Plus. Эта модель была самой провальной из всей линейки Apple-смартфонов. Его корпус был сделан из анодно-окисленного алюминия, из-за чего данный аппарат обладал низкой прочностью [3]. Аппарат очень легко было согнуть (он мог согнуться даже в кармане джинсов). При высокой стоимости продуктов данной компании, этот аппарат создал много проблем для Apple. Мы предлагаем рассмотреть, как можно было избежать этого, сделав корпус не из анодно-окисленного алюминия, а из PC-пластика.

Расчетными параметрами являются предел прочности и модуль упругости при растяжении, сжатии, изгибе [4]. Максимальная прочность при испытании на разрыв составляет 60 МПа [5].

Так как нужно, чтобы в корпусе не было внутренних пустот в стенках, то предлагается его напечатать на 3d-принтере. Мы получим корпус из монолитного поликарбоната [6]. Использование систем автоматизированного проектирования (САПР) позволит нам провести расчет на прочность разработанной конструкции модели корпуса iPhone 6 Plus, получить результаты в виде эпюры эквивалентных напряжений и коэффициента по запасу прочности.

Модель корпуса (рисунок 1) создали в программе T-Flex CAD.

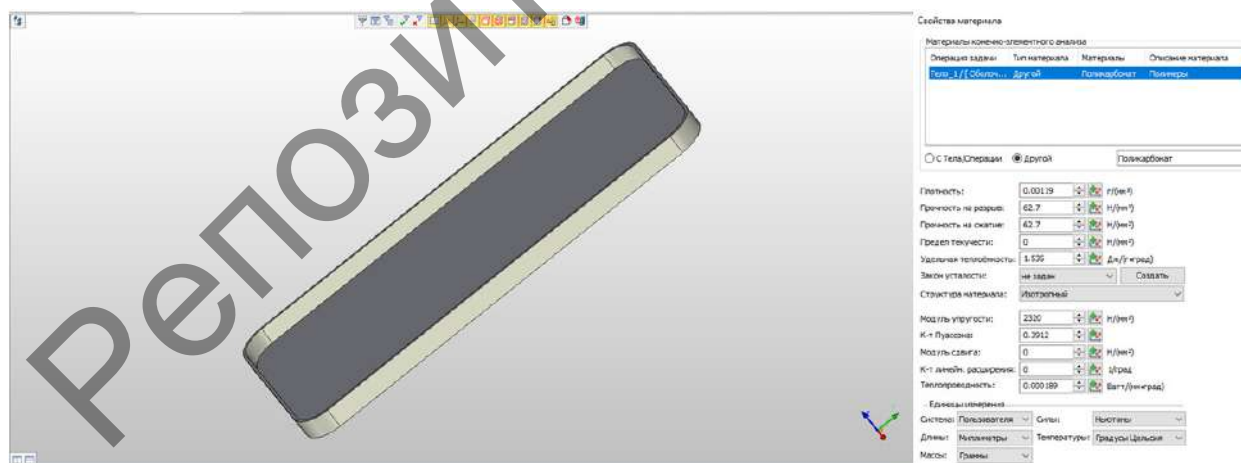


Рисунок 1 — Корпус iPhone 6 Plus и свойства материала «поликарбонат»

Габариты корпуса составляют 77,8 × 158,1 × 7,1 мм. Посредством собственного инструментария T-Flex была вычислена площадь изделия — 30391,49 мм². Далее произвели расчёт максимальной прочности при испытании на разрыв для данного изделия в программном обеспечении Mathcad 2001 (рисунок 2).

Далее в T-Flex проводим расчет на прочность, используя метод конечных элементов. Первым делом в качестве материала выбираем поликарбонат. Далее генерируем конечно-элементную сетку, накладываем граничные условия и выполняем расчёт. После этого можно проводить анализ результатов эпюры напряжения эквивалентные (рисунок 3) и коэффициент запаса по эквивалентным напряжениям (рисунок 4).

На 1 м² оказывается давление 60МПа.
 Значит на 30391,49 мм² будет оказано.

$$l1 := \frac{1}{0.000001}$$

$$x := \frac{60 \cdot 30391.49}{l1}$$

$$x = 1.823 \text{ МПа}$$

$$1 \text{ МПа} = 1000000 \text{ Н/м}^2$$

$$x := x \cdot 1000000$$

$$x = 1.823 \times 10^6 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$$

Рисунок 2 — Расчёт максимальной прочности при испытании на разрыв для корпуса из поликарбоната

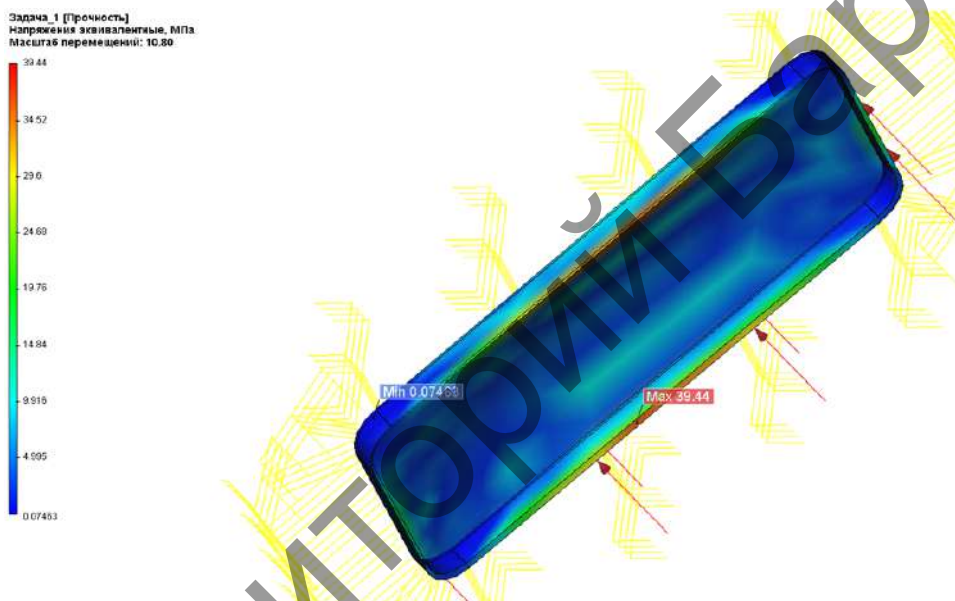


Рисунок 3 — Напряжения эквивалентные

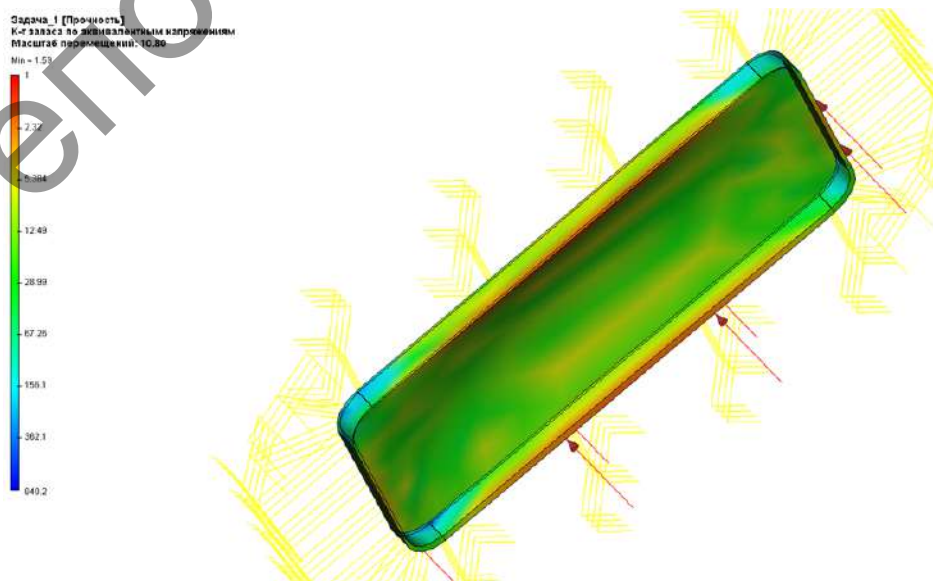


Рисунок 4 — Коэффициент запаса по эквивалентным напряжениям

Оцениваем, в каких местах и элементах конструкции возникают наибольшие напряжения. Сравнивая максимальные значения (39,44 МПа) расчётных напряжений с допустимыми для материала, из которого изготовлен корпус, можно оценить степень прочности конструкции. Результат (эпюры «коэффициент запаса по эквивалентным напряжениям» и «напряжения эквивалентные») позволяет оценить количественное отношение допускаемых напряжений, указанных в характеристиках материала, к рассчитанным эквивалентным. Если отношение допускаемого и расчётного напряжений приближается к единице или меньше её, условие прочности не выполняется, и, следовательно, в изделие необходимо вносить изменения.

В нашем случае, минимальное значение коэффициента запаса, полученного в результате расчёта составляет 1,59, что удовлетворяет условию прочности. Следовательно, разработанная конструкция достаточна прочная к приложенным нагрузкам.

Заключение. В результате расчета на прочность армированного пластика на примере поликарбоната было доказано, что корпус из поликарбоната для iPhone 6 Plus окажется прочным, так как коэффициент запаса по эквивалентным напряжениям равен 1,59. В дальнейшем, изделия такого рода рекомендуется производить, используя технологию 3D печати, что уменьшит время на изготовление будущего изделия в два раза, чем изготовление традиционным литьём [7].

Список цитируемых источников

1. Армированные пластики (часть 1): структура и свойства [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://plastinfo.ru/information/articles/301/>— Дата доступа : 23.09.2021.
2. Химические свойства и использование поликарбоната [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://мичуринскоесп.рф/teplicy/kakaya-byvaet-tolshchina-polikarbonata.html>— Дата доступа : 23.09.2021.
3. Строение iPhone 6 Plus [Электронный ресурс] — Режим доступа: cclxy.xyz/6ZRR— Дата доступа : 23.09.2021.
4. Какую нагрузку выдерживает поликарбонат [Электронный ресурс]. — Режим доступа : <https://polygalvostok.ru/kakuju-nagruzku-vyderzhivaet-polikarbonat/>— Дата доступа : 24.09.2021.
5. Монолитный поликарбонат: свойства и применение [Электронный ресурс] — Режим доступа: cclxy.xyz/pZRR — Дата доступа : 24.09.2021.
6. Виды поликарбоната [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://www.selmaks.by/stati/kak-vybrat-polikarbonat/vidy-polikarbonata.php> — Дата доступа : 24.09.2021.
7. Козловский, В. А. Изготовление литейной оснастки с помощью трёхмерных технологий / В. А. Козловский, Н. А. Шустол // Содружество наук. Барановичи-2021 : материалы II Междунар. науч.-практ. конф. «Наука-практике», Барановичи, 13 мая 2021 г. : / М-во образования Респ. Беларусь, Баранович. гос. ун-т, Студенч. науч. о-во БарГУ ; редкол.: В. В. Климук (гл. ред.) [и др.]. — Барановичи : БарГУ, 2021.