УДК 620.1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ОБРАЗЦОВ ИЗ ПОЛИПРОПИЛЕНА С НАПОЛНЕНИЕМ СТЕКЛОВОЛОКНОМ

Вайгель Н.А. – студент гр. ТСб-221.
Руководитель: Пимонов М.В. – к.т.н., доцент кафедры
технологий машиностроения
ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачева»,
Россия, г. Кемерово

Полипропилен (PP, ПП) – синтетический термопластичный полимер класса полиолефинов. Получают путём полимеризации мономера пропилена (C_3H_6). Химическая формула – $(C_3H_6)_n$, где n – степень полимеризации, то есть количество мономерных звеньев пропилена в полимерной цепи [1].

Полипропилен с наполнителем – это материал, в который добавляют наполнители (обычно стекловолокно, углеродное волокно, минеральные наполнители и т. д.) для улучшения физических свойств.

Некоторые преимущества полипропилена с наполнителем:

Высокая прочность. Добавление наполнителей повышает прочность полипропилена, включая прочность на разрыв, ударную вязкость и прочность на изгиб.

Повышенная жёсткость. Наполнитель делает полипропилен более подходящим для применений, требующих высокой жёсткости, таких как автомобильные детали и корпуса электронного оборудования.

Улучшенная термостойкость. Полипропилен с наполнителем обычно обладает лучшей термостойкостью и выдерживает использование при более высоких температурах.

Уменьшение теплового расширения. Наполнитель может уменьшать скорость теплового расширения полипропилена, что увеличивает его устойчивость размера.

Электрическая изоляция. Полипропилен с наполнителем обычно сохраняет электрическую изоляцию полипропилена, что подходит для некоторых электронных и электрических применений.

Области применения полипропилена с наполнителем включают автомобильную промышленность, строительную промышленность, электронную промышленность, производство потребительских товаров, медицинское оборудование, трубопроводные системы и т. д [2].

Материалы и методики эксперимента

Испытания проводятся на образцах, изготовленных из полипропилена с наполнением стекловолокном. Методика изготовления идентична для всех образцов образцы отличались процентом наполнения стекловолокном.

Образцы разделены на серии в зависимости от процента наполнения стекловолокном:

- ПП LGF 35 FR –наполнение стекловолокном 35%;
- ПП LGF 36 FR – наполнение стекловолокном 36%;
- ПП LGF 30 FR – наполнение стекловолокном 30%;

Образец для испытания растягивается вдоль его главной продольной оси с постоянной скоростью, пока образец не разрушится или пока напряжение (нагрузка) или относительное удлинение не достигнут некоторого заранее заданного значения. В процессе растяжения измеряется нагрузку, выдерживаемая, образцом и удлинение образца [3 – 6].

Испытательная машина соответствует требованиям ГОСТ 28840–90 [4] и обеспечивает скорость испытания 0,125…500 мм/мин. Зажимы для закрепления образца присоединены к испытательной машине так, чтобы продольная ось образца совпадала с направлением растяжения. Образец закреплялся так, чтобы предотвратить его скольжение относительно губок зажимов. Зажимы должны не вызывать преждевременное разрушение образца в местах крепления или проскальзывание образца в зажимах. При определении модуля упругости скорость деформирования была постоянной и не изменялась. Система измерения нагрузки соответствует классу «1» в соответствии с ГОСТ 28840–90. Измерение нагрузки осуществлялось с погрешностью не более 1 % измеряемой величины.

Образцы не были изогнуты, имеют взаимно перпендикулярные пары параллельных поверхностей. Грани и ребра не имеют царапин, пятен, усадочных раковин и грата. Образцы проверены на соответствие требованиям посредством визуального осмотра с помощью линейки, угольника и плоских плит, а также с помощью измерения микрометром. Образцы кондиционировались при условиях, указанных в нормативном документе на испытуемый материал и в соответствии с ГОСТ 12423–2013 [7]. Продолжительность кондиционирования была не менее 16 ч. Условия кондиционирования: температура (23 ±2) °С и относительная влажность (50 ±10) %. Испытание проводились в той же атмосфере, которая использовалась для кондиционирования образцов.

Толщину и ширину каждого образца для испытания измерялась в середине образца и на расстоянии 5 мм от меток расчетной длины. Фиксировались минимальное и максимальное значения ширины и толщины каждого образца, значения размеров находились в пределах допусков, указанных в нормативных документах или технической документации на материал. Размеры образцов для испытания определялись только при температуре окружающей среды.

Для измерения модуля упругости выбранная скорость испытания обеспечивала скорость увеличения относительного удлинения, максимально близкую к 1 % от расчетной длины в минуту.

Вычисление значения напряжения осуществлялось σ по формуле (1):

$$\sigma = \frac{F}{A}, \quad (1)$$

где F – измеренная нагрузка, Н;

A – начальная площадь поперечного сечения образца, мм^2.

Для материалов, у которых деформация распределяется равномерно на средней части образца с параллельными сторонами, то есть для деформаций до и после предела текучести, вычислялись все значения относительных удлинений ε, % или безразмерная величина, по формуле (2):

$$\varepsilon = \frac{\Delta L_0}{L_0}, \quad (2)$$

где ΔL_0 – изменение длины образца между контрольными метками, мм;

L_0 – расчетная длина образца, мм.

Модуль упругости при растяжении E вычислялся по формуле (5):

$$E_t = \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{\varepsilon_2 - \varepsilon_1}, \quad (5)$$

где σ_1 – напряжение, МПа, измеренное при значении ε_1, равном 0,0005 (0,05 %); допускается значение ε_1., равное 0,001 (0,1);

σ_2 – напряжение, МПа, измеренное при значении ε_2, равном 0,0025 (0,25 %); допускается значение ε_2., равное 0,003 (0,3).

Второй частью работы стали испытания на растяжение, выполненные в соответствии с условиями заявленным производителем. Основное отличие в условиях испытания составили скорости раздвижения зажимов: скорость испытания при определении модуля упругости при растяжении – 1 мм/мин, скорость испытания до разрушения образца –50 мм/мин.

Помимо, изменения скорости испытания к образцам прикладывалась преднагрузка величиной 10Н, со скоростью – 1 мм/мин.

После установки образца в верхний зажим обнулялось усилие, далее закреплялся нижний зажим и выполнялось преднагружение со скоростью 1 мм/мин, до величины 10 Н. Дальнейшее испытание производилось со скоростью 1 мм/мин до достижения траверсой испытательной машины до величины перемещения 0,5 мм, после сохранения сведений для определения модуля упругости, проводилось испытание со скоростью 50 мм/мин до разрушения образца.

Результаты и их обсуждение

Результаты исследования в соответствии с требованиями нормативно-технической документации [1 – 3] представлены в таблице 1.

Из полученных результатов следует, что:

1. Наибольшие показатели по прочности имеют образцы ПП LGF 30 FR.

2. Модуль упругости для образцов ПП LGF 35 FR, ПП LGF 30 FR очень близки и отличаются менее чем на 5%, образцы ПП LGF 36 FR показали значения ниже, чем для других образцов приблизительно на 15%.

Таблица 1 – Средние значения показателей для серий образцов

Наименование марки образцов	Условный предел текучести, МПа	Временное сопротивление, МПа	Относительное удлинение, %	Модуль упругости, МПа
ПП LGF 35 FR	92,5	108,5	3,2	3928,0
ПП LGF 36 FR	90,3	104,8	3,6	3330,0
ПП LGF 30 FR	108,98	124,1	3,6	3874,5

Испытание на растяжение выполненные в соответствии с условиями испытания заказчика представлены в таблице 2. Видно, что прочностные показатели материалов увеличились, однако говорить в полной мере о полноценном увеличении показателей не стоит, так как скорость испытания в значительной степени влияет на измеренные показатели прочности [1]. Так же согласно [3] скорость раздвижения зажимов должна составлять:10 мм/мин – при проведении периодических испытаний; 2 мм/мин – при проведении квалификационных испытаний, измерении максимального удлинения и определении модуля упругости при растяжении.

Таблица 2 – Результаты определения механических свойств ПП LGF 35 FR

№ образца	Условный предел текчести, МПа	Временное сопротивление, МПа	Относительное удлинение, %	Модуль упругости, МПа
ПП LGF 35 FR	119,78	131,3	6,1	4277,3
ПП LGF 36 FR	130,98	140,8	7,5	4379,3

1. Наибольшие показатели по прочности имеют образцы ПП LGF 30 FR, при этом модуль упругости для образцов ПП LGF 35 FR и ПП LGF 30 FR отличаются менее чем на 5%. Для образцов ПП LGF 36 FR модуль упругости ниже, чем для других образцов приблизительно на 15%.

2. Испытание с повышенной скоростью раздвижения зажимов показали увеличение механических свойств образцов, что не противоречит общепринятым представлениям, однако к этим результатам следует относиться с осторожностью.

Список литературы:

1. М.А. Мельникова. Полимерные материалы: свойства, практическое применение. // Учебное пособие. Благовещенск: Амурский гос. ун-т, 2013. С. 13.

2. Полипропилен: основные свойства, область применения [Электронный ресурс].

3. ГОСТ 34370–2017 (ISO 527-1:2012). Пластмассы. Определение механических свойств при растяжении. Часть 1. Общие принципы

4. ГОСТ 11262–2017 (ISO 527-2:2012). Пластмассы. Методы испытания на растяжение.

5. ГОСТ 32656–2017 (ISO 527-4:1997, ISO 527-5:2009) Композиты полимерные. Методы испытаний. Испытания на растяжение.

6. ГОСТ 28840–90 Машины для испытания материалов на растяжение, сжатие и изгиб. общие технические требования

7. ГОСТ 12423–2013 (ISO 291:2008) Пластмассы. Условия кондиционирования и испытания образцов (проб)