

## Список литературы

1. Sahota N., Ferrence G.M., Lash T.D. // *The Journal of Organic Chemistry*, 2017.– Is.82.– P.9715–9730.
2. Camm K.D., Castro N.M., Liy Y., Czechura P., Snelgrove J.L., Fogg D.E. // *Journal of the American Chemical Society*, 2007.– V.129.– Is.14.– P.4168–4169.
3. Боженкова Г.С. Дисс. ... канд. хим. наук.– Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет.– Томск, 2016.– 125 с.
4. Buchmeiser M.R., Sen S., Unold J., Frey W. // *Angewandte Chemie International Edition*, 2014.– Is.53.– P.1–6.

## СРАВНЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ И ТРИБОТЕХНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЛИМЕР-ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ СВМПЭ С РАЗЛИЧНЫМ ИСХОДНЫМ РАЗМЕРОМ ПОРОШКОВ, ПОЛУЧЕННЫХ 3D-ПЕЧАТЮ И ГОРЯЧИМ ПРЕССОВАНИЕМ

Д.Г. Буслович<sup>1,2</sup>, Л.А. Корниенко<sup>1</sup>, Ю.В. Донцов<sup>2</sup>  
Научный руководитель – д.т.н., профессор С.В. Панин<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Институт физики прочности и материаловедения СО РАН  
634055, г. Томск, пр. Академический 2/4, svp@ispms.tsc.ru

<sup>2</sup>Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, dgb2@tpu.ru

Сверхвысокомолекулярный полиэтилен (СВМПЭ) имеет особое место среди полимерных материалов благодаря высокой износостойкости, прочности, долговечности и биосовместимостью. Однако ненаполненный СВМПЭ имеет низкий показатель текучести расплава (ПТР), что не позволяет перерабатывать его традиционными методами, а также испытывает значительный износ при длительной эксплуатации, особенно в условиях сухого трения. При этом низкая температура плавления, невысокое значение модуля упругости, а также деформируемость при воздействии на СВМПЭ высоких нагрузок ограничивают его дальнейшее применение в высоконагруженных элементах конструкций, изделиях и узлах трения. На данный момент были предприняты многочисленные попытки для снижения вязкости расплава: добавление полипропилена (ПП) является наиболее эффективным с точки зрения увеличения ПТР, поэтому в данной работе был выбран именно этот наполнитель.

Задачей исследования являлось оценка влияния способа и режимов совмещения компонентов, а также изготовления полимерных композитов на триботехнические и механические свойства, а также формирование надмолекулярной структуры полимер-полимерных композитов на основе СВМПЭ с различным размером

порошка (5–15, 120, 330 мкм) с 20 вес. % полипропилена.

В данной работе были использованы порошки СВМПЭ марки GUR-2122 в виде агломератов 120 мкм с размером частиц 5-10 мкм, GUR-4120 размером частиц 120 мкм и GUR-4022-6 размером частиц 330 мкм. Молекулярная масса обоих типов СВМПЭ составляла 4,2–4,5 млн. угл.ед. В качестве пластифицирующих добавок использован порошок полипропилена марки PP21030 (ПТР=3 г/10 мин.).

Для эффективного совмещения мелких частиц СВМПЭ с крупными частицами полимерных наполнителей дополнительно проводили их экструзионное смешение в двухшнековом экструдере «Rondol» (10 mm Twin Screw Extruders, MicroLab). Гранулы со средним размером 3–5 мм получали путем последующей механической рубки экструдата. Объемные заготовки полимерных композитов изготавливали: а) компрессионным спеканием двухкомпонентных порошковых [1]; б) компрессионным спеканием гранулята двухкомпонентных смесей; в) методом FDM (Fused Deposition Modeling) из гранул. Механические характеристики образцов определяли на испытательной машине «Instron 5582» при растяжении образцов в форме двойной лопатки. Износостойкость образцов определяли

по схеме «шар-по-диск» на трибометре CSEM CH2000 [2].

Экструдруемые СВМПЭ композиты, полученные методом горячего прессования гранул и FDM-печати, по механическим и триботехническим характеристикам превосходят композиты, полученные горячим прессованием порошков, что обусловлено более равномерным распределением частиц полипропилена в матрице. СВМПЭ и СВМПЭ+ПП демонстрируют очень разные характеристики трения и износа.

### Список литературы

1. Панин С.В., Буслович Д. Г., Корниенко Л.А., Донцов Ю.В. Разработка двухкомпонентных полимер-полимерных композиций на основе СВМПЭ для аддитивных технологий // *Современные материалы и технологии новых поколений: сборник научных трудов II Международного молодежного конгресса, Томск, 30 Сентября–5 Октября 2019.*– Томск: ТПУ, 2019.– С.89–90.
2. Панин С.В., Буслович Д.Г., Корниенко Л.А., Донцов Ю.В. Трехкомпонентный композит на основе сверхвысокомолекулярного полиэтилена для аддитивных технологий производства // *Современные материалы и технологии новых поколений: сборник научных трудов II Международного молодежного конгресса, Томск, 30 Сентября–5 Октября 2019.*– Томск: ТПУ, 2019.– С.237–238.

## ИССЛЕДОВАНИЕ РЕАКЦИИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ДИЦИКЛОПЕНТАДИЕНА С ПЕРФТОРИРОВАННЫМИ СОЕДИНЕНИЯМИ

К.А. Васильева

Научный руководитель – к.х.н., доцент А.А. Мананкова

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, christina\_vasilieva@mail.ru*

Химия фтора и производство фторсодержащих химикатов и материалов являются одной из наиболее быстро развивающихся отраслей химической науки и промышленности. Так, потребление фторсодержащих полимеров возрастает на 6–8% процентов в год.

Из органических соединений фтора наибольшее значение имеют те, которые содержат своей молекуле значительное количество атомов фтора (полифтор- и перфторпроизводные) [1]. Эти соединения нашли свое применение благодаря своей инертности, термической и химической стойкости [2].

Присутствие фтора в химических соединениях позволяет создавать материалы с новыми, необычными свойствами, открывает новые качественные уровни в результате модификации известных материалов [3]. К таким материалам относятся полимеры на основе дициклопентадиена (ДЦПД).

Композит СВМПЭ+20 вес%. ПП рекомендован для использования в качестве фидстока для дальнейшего получения изделий триботехнического назначения методами аддитивных технологий

Благодарности. Работа выполнена в рамках плана фундаментальных научных исследований государственных академий наук 2013–2020 гг. приоритетное направление III.23., а также работа также поддержана грантом РФФИ №19-38-90106.

Молекулы дициклопентадиена можно представить, как сочлененные циклы норборнена и циклопентена. Полимеры на основе ДЦПД характеризуются уникальной жесткостью и ударной прочностью, а также низкой плотностью [4]. Обладают чрезвычайно высокой устойчивостью к воздействию кислот и щелочей во всем диапазоне рабочих температур. Высококачественная внешняя поверхность дает возможность получить элементы с покрытием и привлекательным внешним видом путем несложной обработки [4].

Основываясь на вышеперечисленных свойствах мономеров на основе ДЦПД и фторсодержащих соединениях, можно предположить, что в соединения ДЦПД с перфторрадикалом будут обладать следующими свойствами: термическая и химическая стойкости, высокая механическая стойкость, низкая теплопроводность, высокая степень электроизоляции [5], прочностью, стойкостью перед нагрузками. Данный материал