

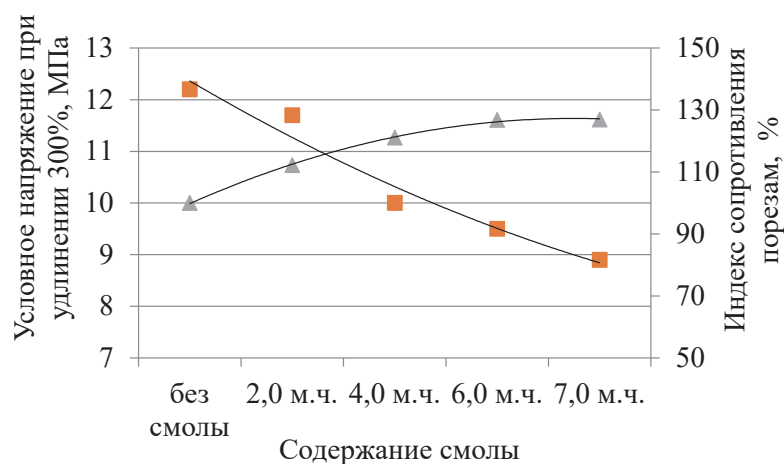


Рисунок 1 – Условное напряжение при 300 %-ом удлинении и индекс сопротивления порезам

Таким образом, на основании проведенного исследования выявлен положительный эффект по показателям, характеризующим сопротивление протекторных резин порезам и проколам при введении специальных смол в их состав. Использование модифицирующих смол позволяет повысить устойчивость протектора шин к порезам и сколам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зуев Ю.С. Разрушение эластомеров в условиях, характерных для эксплуатации / Ю.С. Зуев. – М.: Химия, 1980. – 288 с.
2. Пичугин А.М. Материаловедческие аспекты создания шинных резин. – М.: Машиностроение, 2008. – 383 с.
3. Корнев А.Е., Буканов А.М., Шевердяев О.Н. Технология эластомерных материалов. – М.: Истек, 2009. – 500 с.

УДК

Куликов А.А., Никифоров А.А., Вольфсон С.И.
(Казанский национальный исследовательский
технологический университет)

ПОЛИМЕРНЫЙ ВОДОРАСТВОРИМЫЙ КОМПОЗИЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ В 3Д ПЕЧАТИ

Аддитивное производство, или 3D-печать, – процесс создания трехмерных объектов на основе их цифровых моделей. Один из известных методов 3D-печати на данный момент времени – моделирование методом

послойного наплавления (FDM/FFF) или экструзия нашел применение во многих отраслях промышленности: прототипирование, медицина, автомобильная, авиакосмическая промышленность и т.д.

Из-за сложности и некоторых ограничений технологии послойного наплавления, например, при создании навесных конструкций, возникает потребность в так называемых подделках – временные опорные конструкции, дающие стабильную устойчивость модели, которые удаляются при завершении самой печати. Один из способов удаления поддержки – растворение в воде или в иной среде, позволяющей растворить полимер. Стоит отметить, что при подобном методе, химической или механической обработки готового изделия уже не требуется в дальнейшем.

Основой большинства поддержек в 3D-печати выступают такие полимеры, как водорастворимые: полилактид (PLA), поливиниловая кислота (PVA) или же высокопрочный полистирол (HIPS), который легко растворяется в D-Лимонене. Ожидается, что ограниченное количество ассортимента поддержек для 3D-печати привело к поиску новых материалов для улучшения филаментов из уже существующих композиций. Среди подобных можно найти, например, разработанную композицию филамента на основе сополимера бутендиола с поливиниловым спиртом (BVOH) или же терполимер акрилата (АТР), способный растворяться не только в воде, но и в щелочных средах.

Однако учитывая все положительные стороны имеющихся материалов, есть несколько важных минусов, влияющих на решение по применению того или иного филамента. Первое – отсутствие отечественного производства вышеописанных филаментов, что в свою очередь также затрагивает и проблему логистики, транспортировки и поставки, второе – высокая стоимость ввиду используемого сырья для производства. Поэтому разработка отечественного полимерного композиционного материала на основе водорастворимого полимера имеет практическую значимость в мире 3D-печати на сегодняшний день.

Анализ литературных данных и источников, связанных с поддержками для 3D-печати, позволил найти несколько подходящих вариантов основы ПКМ для поддержек в 3D-печати. Поливиниловый спирт (PVA, ПВС) – водорастворимый, термопластичный полимер, белого цвета без вкуса, запаха. Получается в результате реакции щелочного или кислотного гидролиза, либо же алкоголиза сложных поливиниловых эфиров. Как правило, ПВС не токсичен, что является полезным качеством данного полимера для окружающей среды. Но одним из важных и основных

свойств, которыми наделен ПВС это определенно его водорастворимость. Вспомогательный материал из ПВС на готовой модели способен быстро растворяться как в холодной воде, так и в горячей, не нарушая геометрию финальной модели. При температуре выше 220°C, пластик начинает разлагаться.

Гидроксиэтилцеллюлоза (НЕС, ГЭЦ) – водорастворимый полимер органического происхождения, является производным от целлюлозы. ГЭЦ обладает превосходной растворимостью в воде, образуя в результате прозрачные и вязкие растворы. В широком диапазоне температур ГЭЦ проявляет хорошую термическую стабильность, сохраняя свою функциональность при переработке.

Существует ряд работ, посвященных свойствам ГЭЦ и особенностям, связанным с областью 3D-печати. Так, например, согласно проведенным исследованиям по ГЭЦ в качестве добавки для инженерной биопечати [1], результаты полученных композитов с ГЭЦ демонстрируют повышение таких реологических свойств, как динамическая вязкость и модуль упругости примерно в 100 раз. Благодаря полученным данным установлено, что добавление ГЭЦ позволяет стабилизировать сложные структуры, обеспечив равномерное распределение, а также повысить точность печати, сократив расхождение между теоретическим и расчетным значением, свидетельствуя о потенциале ГЭЦ при применении в 3D-печати. В статье [2] был исследован потенциал добавок на основе ГЭЦ и диоксида кремния для улучшения экструдирруемости и формуемости для 3D-печати. Как итог, при вводе ГЭЦ качество печати повышается, а время печати соответствует 20 мин.

Таким образом, разработка композиционного материала на основе ГЭЦ и ПВА является актуальной задачей на данный момент. Проводится исследование по изучению реологических, физико-механических свойств, полученного ПКМ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Xiaorui L, Quanfeng D, Shuai W, Qi L, Weijie Z, Bingcheng L, Yong L, and Xiuli Z. Hydroxyethyl cellulose as a rheological additive for tuning the extrusion printability and scaffold properties /3D PRINTING AND ADDITIVE MANUFACTURING Volume 8, Number 2, 2021. DOI: 10.1089/3dp.2020.0167
2. Eka Oktavia K, Hee-Jeong K. Enhancing the printability of 3D printing limestone calcined clay cement using hydroxyethyl cellulose admixture and silica fume / Construction and Building Materials Volume 474, 2025. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2025.140973