

УДК 53.082.63

Синхронный термический анализ термопластичных полимеров

Кондратович Даниил Александрович^(*)

kondratovich@bmstu.ru

Веснин Владимир Романович

vesninvr@bmstu.ru

Данилов Вадим Максимович

danilovad@bmstu.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Аннотация. В работе представлены результаты дифференциальной сканирующей калориметрии и термогравиметрического анализа полиоксиметилен-сополимера, полиоксиметилен-гомополимера, фторопласта, полиамид, полиэтилена, полипропилена, полиэтилена низкого давления, поликарбоната и полиуретана. Представленные данные дают понимание о начале, конце и энергии фазовых переходов и/или химических реакций, происходящих с выбранным рядом термопластичных полимеров, что имеет значительную ценность при цифровом моделировании или подборе материала для различного ряда задач.

Ключевые слова: теплофизические свойства, термопластичные полимеры, дифференциальная сканирующая калориметрия, термогравиметрический анализ, деполимеризация

Введение. В современной инженерии термопластичные полимеры находят разнообразные применения, включая трубы для транспортировки газов и основы для различных композитных материалов [1], а для ряда задач необходимо корректно описывать полимеры математическими моделями. Тем не менее, поведение полимеров при нагревании остается не до конца изученным, поскольку на параметры фазовых переходов влияет множество факторов — от окружающей атмосферы и скорости нагрева до степени кристалличности материала, что важно как при подборе материалов, так и для цифрового моделирования [2]. Это обстоятельство создает сложности при выборе полимеров для задач, связанных с воздействием температурных нагрузок.

Материалы и методы; результаты. В данной работе с использованием дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК) и термогравиметрического анализа (ТГА) были исследованы процессы плавления, кристаллизации и деполимеризации таких материалов, как полиоксиметилен-сополимер (ПОМС), полиоксиметилен-гомополимер (ПОМН), фторопласт, полиамид ПА-6, полиэтилен (ПЭ), полипропилен (ПП), полиэтилен низкого давления (ПЭНД), поликарбонат (ПК) и полиуретан (ПУ). Для измерения плавления и кристаллизации были выбраны тигли из алюминия, для всех материалов кроме фторопласта, для измерения которого, как и для проведения деполимеризации, использовались корундовые тигли. Средой для проведения был выбран аргон с продувкой 50 см³/мин для плавления и кристаллизации и 100 см³/мин для деполимеризации [3]. Для определения влияния степени кристалличности и ско-

рости нагрева процессы плавления и кристаллизации изучались в процессах с двумя стадиями нагрева и охлаждения. Кривые плавления и кристаллизации не были получены для ПК и ПУ, так как они аморфны, и не имеют плавления, а просто размягчаются при нагреве.

Анализ полученных данных позволил определить температуры фазовых переходов и температур разрушения термопластичных полимеров, а также энтальпию фазового перехода и скорость термического разложения материалов. Результаты показали, что при изменении скорости нагрева температура пика фазового перехода варьируется всего на 1–2 °С, однако при этом значительно изменяется форма кривой, а также температуры начала и окончания фазового перехода. Максимальное смещение температуры начала перехода было зафиксировано для ПА-6 и составило 8,5 % (около 10 °С) при повышении скорости нагрева с 5 °С до 10 °С. Энтальпия фазового перехода у большинства полимеров остается практически стабильной, но для некоторых материалов, например ПОМ-Н, при увеличении скорости нагрева наблюдалось значительное изменение — до 28 % (40 Дж/кг).

Заключение. Проведенное исследование дает представление о характере фазовых переходов в термопластичных полимерах, а также о влиянии на них скорости нагрева. Также были получены данные о изменении массы и ее производной. Полученные данные позволяют корректнее моделировать процессы термической нагрузки, а также деполимеризации термопластичных полимеров.

Список источников

- [1] Khah H.M., Soleimani O. Properties and applications of polymers: A mini review. J. Chem. Rev, 2023, vol. 5, no. 2, pp. 204–220. <https://doi.org/10.22034/JCR.2023.383915.1213>
- [2] Best A.K. et al. Modeling the depolymerization of plastics. Nature Chemical Engineering, 2025, vol. 2, no. 1, pp. 8–10. <https://doi.org/10.1038/s44286-024-00168-5>
- [3] Głowacz-Czerwónka D. et al. Thermal and Flammability Analysis of Polyurethane Foams with Solid and Liquid Flame Retardants: Comparative Study. Polymers, 2025, vol. 17, no. 14, art. no. 1977. <https://doi.org/10.3390/polym17141977>