

# Теплофизические свойства полимерных композитов на основе вторичного полипропилена, наполненного мелом

А. А. Псянчин, А. Б. Глазырин, Е. М. Захарова, А. Г. Хуснуллин,  
А. Р. Садритдинов, В. П. Захаров

Одним из наиболее распространенных способов создания полимерных композитов на основе полипропилена является его наполнение мелом, что позволяет улучшать внешний вид получаемых пластмассовых изделий и их эксплуатационные свойства. Термопластичность получаемых полимерных композитов определяет возможность вовлечения вышедших из эксплуатации полимерных материалов в повторную переработку, что требует изучения закономерностей влияния нагрева на теплофизические свойства полимерной фазы. Изучены закономерности изменения теплофизических показателей полимерных композитов на основе вторичного полипропилена в процессе его наполнения меловой добавкой. Показано, что переработка первичного полипропилена методом литья под давлением приводит к снижению термостабильности получаемого вторичного полимерного материала без изменения температур плавления и кристаллизации полимерной фазы, но сопровождается уменьшением энтальпии плавления (на 9 – 11 %) и степени кристалличности полимера (на 5,6 – 6,5 %). Наполнение вторичного полипропилена мелом дополнительно снижает температуру начала разложения композита, при этом происходит смещение температуры, соответствующей максимальной скорости термоокислительной деструкции на 18 – 25 °С в область более низких температур. Введение в полипропилен 2 масс.ч. меловой добавки снижает на 3,6 °С температуру плавления и увеличивает на 1,3 °С температуру кристаллизации полимерной фазы. Наполнение вторичного полипропилена меловой добавкой в количестве 5 – 10 масс.ч. снижает степень кристалличности полимера, что может привести к изменению физико-механических свойств пластмассовых изделий.

**Ключевые слова:** вторичный полипропилен, мел, термостабильность, кристалличность, термогравиметрический анализ, дифференциальная сканирующая калориметрия.

DOI: 10.30791/1028-978X-2021-2-52-58

## Введение

В настоящее время при создании полимерных композитов, наполненных минеральными компонентами, используется более двух десятков связующих, причем только четыре из них (полипропилен, полиамиды, термопластичные полиэфиры и поливинилхлорид) составляют 90 % всех производимых пластмасс. Пластмассовые изделия из полипропилена широко используются в автомобильной промышленности, производстве бытовой техники и товаров народного потребления. С целью повышения эксплуатационных свойств полипропилена применяют наполнение неорга-

ническими компонентами, среди которых наиболее распространены: тальк, слюда, глина, каолин, волластонит, карбонат кальция, полевой шпат, гидроксид алюминия, стекловолокна и натуральные волокна [1]. Наибольшее распространение получил карбонат кальция, позволяющий улучшать качество поверхности пластмассовых изделий, а также повышать электрическое сопротивление и ударопрочность [2 – 6]. Ввиду того, что полипропилен является термопластичным полимером и способен к многократной переработке, актуальным является разработка композитов на основе вторичного полимерного сырья за счет выбора наполнителя различной природы [7 – 10]. Переработка полипро-

пилена и композитов на его основе проводится при температурах, превышающих температуру плавления полимерной фазы, что обуславливает необходимость изучения закономерностей изменения теплофизических параметров в процессе нагрева [11 – 13].

Цель работы — изучение закономерностей изменения теплофизических показателей полимерных композитов на основе вторичного полипропилена в процессе его наполнения меловой добавкой.

### Методика эксперимента

Приготовление композитов осуществляли в расплаве на лабораторной станции “Plastograph EC” (Brabender, Германия) при условиях, являющихся согласно [14] оптимальными для полипропилена: температура 180 °С, скорость вращения роторов 30 об/мин. Степень диспергирования меловой добавки контролировали стабилизацией крутящего момента пластографа, которую достигали в течение 15 мин смешения. Содержание меловой добавки в полимерном композите составило: 2, 5, 10 массовых частей (масс.ч.) на 100 масс.ч. вторичного полипропилена. В работе использовали вторичный полипропилен с показателем текучести расплава 10,3 г/10 мин (190 °С, масса 2,16 кг), представляющий собой дробленый материал из пластмассовых изделий на основе гомополимера полипропилена марки PP H350FF/3, производимых методом литья под давлением.

Исследования теплофизических свойств полимерных образцов проводили на приборе TGA-DSC1 (“MettlerToledo”, Швейцария), который представляет собой совмещенный прибор термического анализа и дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК). Измерения осуществляли в интервале температур от 25 до 1000 °С в среде воздуха в динамическом режиме с постоянной скоростью нагрева 5 град/мин. Масса образца, используемого для измерений, составляла 5 – 10 мг. Для проведения анализа использовали тигли из оксида алюминия объемом 100 мкл. В качестве параметров, характеризующих термическую устойчивость полимерных композитов, применяли:  $T_n$  — температуру начала разложения композита, соответствующая началу снижения массы образца при нагревании;  $T_1$ ,  $T_5$  — температуры, соответствующие разложению образца на 1 и 5 % от первоначального значения массы; остаток после нагрева образца до 400 и 600 °С;  $T_{пл}$ ,  $T_{кр}$  — температуры плавления и кристаллизации полимерной

фазы, соответствующие максимумам пиков на кривой ДСК;  $\Delta H_{пл}$ ,  $\Delta H_{кр}$  — энтальпия (теплота) плавления и кристаллизации полимерной фазы, пересчитанные с учетом доли полипропилена в композите. Доверительный интервал, характеризующий разброс экспериментальных данных, при определении параметров:  $T_n$ ,  $T_1$ ,  $T_5$  —  $\pm 2$  °С; сухого остатка при нагреве —  $\pm 0,5$  %;  $T_{пл}$ ,  $T_{кр}$  —  $\pm 0,1$  °С,  $\Delta H_{кр}$  —  $\pm 1$  Дж/г.

Степень кристалличности  $\chi$  полимерных композитов определяли по формуле:

$$\chi = \frac{\Delta H_i}{\Delta H_0} \cdot 100\%,$$

где  $\Delta H_i$  — удельная теплота плавления в расчете на содержание  $i$ -го полимера в образце;  $\Delta H_0 = -147$  Дж/г — удельная теплота плавления полностью кристаллического полипропилена.

### Обсуждение результатов

Прежде всего изучены закономерности изменения теплофизических характеристик вторичного полипропилена (первичный полипропилен переработан в пластмассовое изделие методом литья под давлением) по сравнению с его первичным аналогом. Температуры  $T_n$ ,  $T_1$  и  $T_5$  вторичных образцов полипропилена заметно (на 24 – 29 °С) ниже, чем у исходного полимера, что свидетельствует о снижении термической стабильности в результате переработки. В то же время, характер термического поведения (температурный интервал разложения, стадии процесса, характерные пики на термограмме) первичного и вторичного полипропилена при нагревании отличается несущественно. Наблюдается некоторое увеличение массы остатка после нагрева вторичных образцов до 400 и 600 °С по сравнению с аналогичными параметрами для первичного сырья. Это может косвенно указывать на наличие в продуктах переработки термически устойчивых примесей, образовавшихся в результате окисления и сшивки макромолекул. Переработка полипропилена методом литья под давлением не приводит к изменению температур плавления и кристаллизации полимерной фазы, но сопровождается снижением энтальпии плавления (на 9 – 11 %) и степени кристалличности полимера (на 5,6 – 6,5 %).

Термогравиметрический анализ (ТГА) меловой добавки, используемой в работе, свидетельствует о двух ступенях разложения образца при увеличении температуры (рис. 1). Первый пик на дифференциальной кривой ТГА, соответствующий максимальной скорости снижения массы при тем-

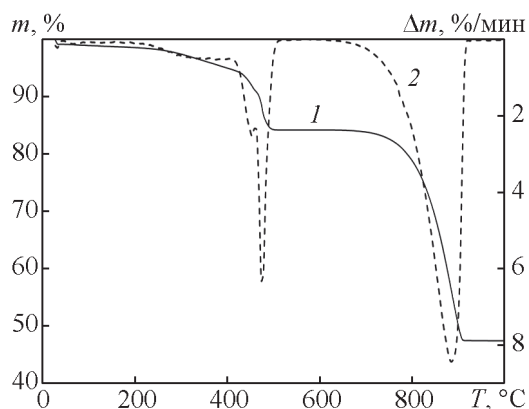


Рис. 1. Кривые термогравиметрического анализа меловой добавки: 1 — интегральная, 2 — дифференциальная.

Fig. 1. Curves of thermogravimetric analysis of chalk additive: 1 — integral, 2 — differential.

температуре 475 °С, определяется разложением полипропилена, играющего роль связующего в меловой добавке. Снижение массы вещества на этой стадии составляет 16 %, что соответствует массовому содержанию полипропилена в меловой добавке. При дальнейшем нагревании образца в области температуры 885 °С наблюдается второй пик на дифференциальной кривой ТГА, соответствующий снижению массы образца еще на 37 % за счет выделения углекислого газа в результате разложения карбоната кальция. Масса сухого остатка при 1000 °С практически полностью соответствует оксиду кальция, оставшемуся после разложения полипропилена и карбоната кальция. Таким образом, меловая добавка представляет собой суперконцентрат карбоната кальция (84 масс. %) на основе полипропилена (16 масс. %).

Композиты на основе вторичного полипропилена, содержащие меловой наполнитель, характеризуются более низкой термостойкостью на воздухе по сравнению с исходным полимером. Основные показатели термостабильности композитов — температура начала разложения  $T_H$  (166 – 227 °С), параметры  $T_1$  (218 – 235 °С) и  $T_5$  (241 – 253 °С) изменяются в достаточно широком интервале в зависимости от содержания наполнителя в композите и значения этих параметров ниже, чем аналогичные показатели для вторичного полипропилена. Наполнение вторичного полипропилена мелом последовательно снижает температуру начала разложения полимерного композита с

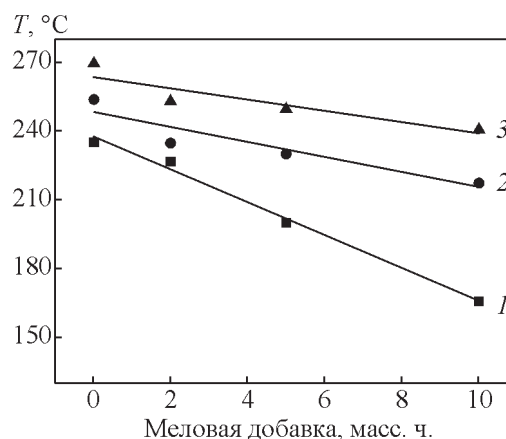


Рис. 2. Зависимость параметров ТГА: 1 —  $T_H$ , 2 —  $T_1$ , 3 —  $T_5$ , от содержания меловой добавки в полимерном композите.

Fig. 2. Dependence of thermogravimetric analysis parameters: 1 —  $T_H$ , 2 —  $T_1$ , 3 —  $T_5$ , on the content of chalk additive in polymer composite.

235 °С, соответствующей исходному полимеру, до 166 °С при содержании меловой добавки 10 масс.ч. (рис. 2). Следует отметить, что температура начала разложения меловой добавки на 30 °С выше соответствующего параметра для вторичного полипропилена, что позволяет исключить причину снижения термостабильности полимерного композита за счет легколетучих компонентов наполнителя. С увеличением содержания наполнителя последовательно снижаются параметры  $T_1 = 254$  °С,  $T_5 = 269$  °С для вторичного полипропилена до  $T_1 = 218$  °С,  $T_5 = 241$  °С для композита, наполненного 10 масс.ч. меловой добавкой (рис. 2). Анализ результатов ТГА свидетельствуют о том, что увеличение содержания мела с 2 до 10 масс.ч. приводит к разложению композитов при более низкой температуре, в частности, наблюдается смещение пиков на дифференциальной кривой, характеризующих максимальную скорость разложения полимерного образца на 18 – 25 °С в область более низких температур.

Особенностью термического разложения исследуемых композитов является, относительно большое содержание остатка продукта после нагрева образца до температур 400 °С (8,0 – 11,0 %) и 600 °С (4,3 – 7,2 %), тогда, как для ненаполненного полипропилена эти параметры составляют 4,5 и 1,8 %, соответственно (рис. 3). С увеличением содержания наполнителя в композите значения указанных параметров возрастают. Следует также отметить, что масса остатка продукта, после

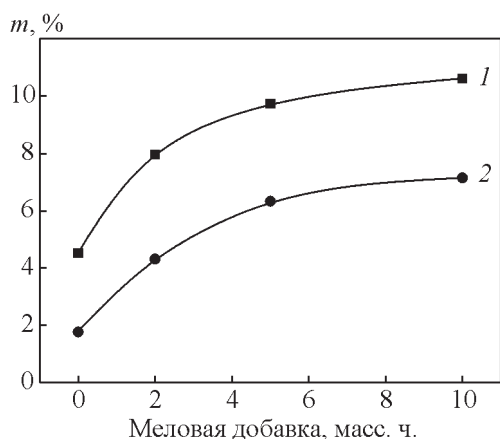


Рис. 3. Остаток полимерного композита при нагревании до: 1 — 400 °С, 2 — 600 °С, в зависимости от содержания меловой добавки.

Fig. 3. The remainder of the polymer composite when heated to: 1 — 400 °С, 2 — 600 °С, depending on the content of the chalk additive.

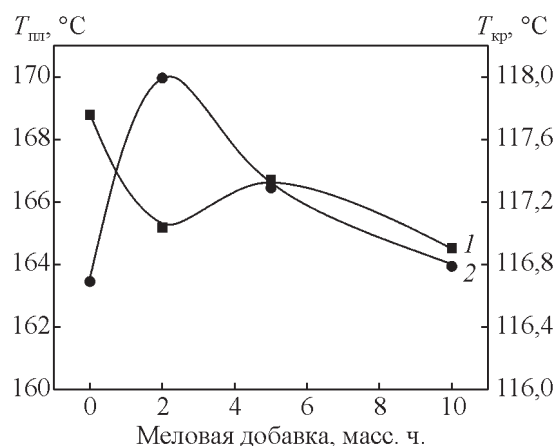


Рис. 5. Зависимость температур: 1 — плавления, 2 — кристаллизации, полимерного композита от содержания меловой добавки

Fig. 5. Dependence of temperatures: 1 — melting, 2 — crystallization, of polymer composite on content of chalk additive.

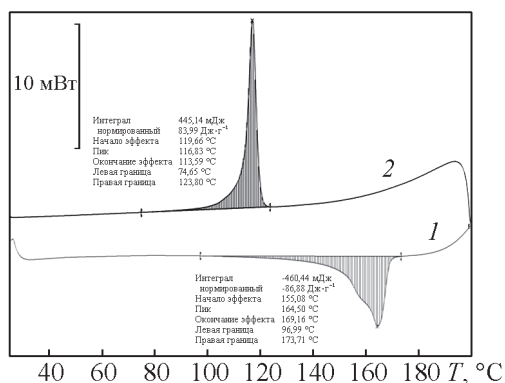


Рис. 4. Термограмма ДСК полимерного композита с 10 масс.ч. меловой добавки: 1 — нагрев, 2 — охлаждение.

Fig. 4. DSC thermogram of a polymer composite with 10 mass parts chalk additive: 1 — heating, 2 — cooling.

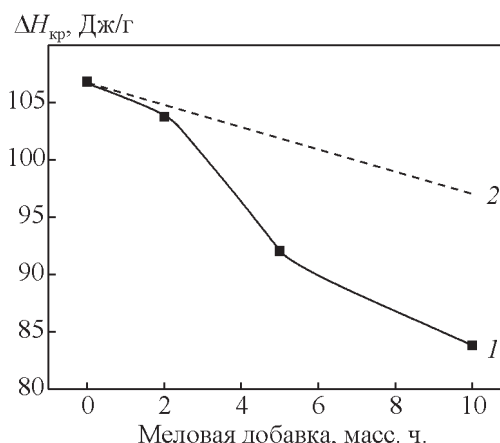


Рис. 6. Зависимости энтальпии кристаллизации вторичного полипропилена от содержания меловой добавки: 1 — экспериментальная, 2 — расчетная.

Fig. 6. Dependence of the enthalpy of crystallization of secondary polypropylene on the content of chalk additive: 1 — experimental, 2 — calculated.

нагрева образца до температуры 600 °С, характеризующая наличие термически устойчивых неорганических примесей, для исследуемых композитов близка к содержанию в смеси неорганического наполнителя (рис. 3).

Анализ результатов ДСК полимерных композитов свидетельствует о наличии эндотермического пика плавления кристаллической фазы полипропилена и экзотермического пика кристаллизации (рис. 4). Установлено, что введение 2 масс.ч. ме-

ловой добавки приводит к снижению (на 3,6 °С) температуры плавления и, напротив, к некоторому росту (на 1,3 °С) температуры кристаллизации по сравнению со вторичным полипропиленом ( $T_{пл} = 168,8$  °С,  $T_{кр} = 116,7$  °С) (рис. 5). Для композитов, содержащих 10 масс.ч. меловой добавки температура плавления составляет  $T_{пл} = 164,5$  °С. Значение температуры кристаллизации при увеличении содержания наполнителя в композите от 2 до 10 масс.ч. снижается незначительно (на 1,2 °С).

Содержание до 10 масс.ч меловой добавки в полимере слабо влияет на температуры плавления и кристаллизации полимерной фазы. Вместе с тем, экспериментальные значения энтальпии плавления и кристаллизации для композитов, содержащих меловую добавку, заметно отличаются. Расчетным методом на примере энтальпии кристаллизации (рис. 6) показано, что с ростом степени наполнения композита происходит снижение количества выделяющейся теплоты за счет замещения полимерной фазы меловой добавкой. В то же время, величина энтальпии кристаллизации, определенная экспериментально методом ДСК, существенно ниже расчетной величины, особенно для полимерных композитов с содержанием меловой добавки 5 и 10 масс.ч. (рис. 6). Очевидно, что это связано с уменьшением степени кристалличности полипропилена за счет влияния высокодисперсных частиц карбоната кальция на процесс кристаллизации. В то же время, не следует исключать незавершённость процесса кристаллизации из-за достаточно быстрого охлаждения образца полимерного композита. Аналогичная картина наблюдается для экспериментально определенной энтальпии плавления. С увеличением содержания в полимерном композите меловой добавки с 2 до 10 масс.ч. энтальпия плавления снижается с 96,2 до 86,9 Дж/г.

## Выводы

Переработка первичного полипропилена методом литья под давлением приводит к снижению термостабильности получаемого вторичного полимерного материала без изменения температур плавления и кристаллизации полимерной фазы, но сопровождается уменьшением энтальпии плавления (на 9 – 11 %) и степени кристалличности полимера (на 5,6 – 6,5 %).

Наполнение вторичного полипропилена мелом дополнительно снижает температуру начала разложения композита, при этом происходит смещение температуры, соответствующей максимальной скорости термоокислительной деструкции на 18 – 25 °С в область более низких температур.

Введение в полипропилен 2 масс.ч. меловой добавки снижает температуру плавления на 3,6 °С и увеличивает температуру кристаллизации полимерной фазы на 1,3 °С. Наполнение вторичного полипропилена меловой добавкой в количестве 5 – 10 масс.ч. снижает степень кристалличности полимера, что может привести к изменению физико-механических свойств пластмассовых изделий.

*Исследование выполнено в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (проект № FZU-2020-0027).*

## Литература

1. Thriveni Thenepalli, Ahn Young Jun, Choon Han, Chilakala Ramakrishna, an Ji Whan Ahn. A strategy of precipitated calcium carbonate (CaCO<sub>3</sub>) fillers for enhancing the mechanical properties of polypropylene polymers. *Korean J. Chem. Eng.*, 2015, v. 32, no. 6, pp. 1009 – 1022.
2. Pietrzak L., Sowinski P., Bojda J., Piorkowska E., Galeski A. Toughening of syndiotactic polypropylene with chalk. *Inc. J. Appl. Polym. Sci.* 2016, v. 133, art. 43651.
3. Croitoru C., Pascu A., Roata I.C., Stanciu E.M. Obtaining and characterization of polyolefin-filled calcium carbonate composites modified with stearic acid. *Conf. Series: Materials Science and Engineering*, 2017, v. 209, art. 012041.
4. Jun Zhang, Jue Fang, Jun-Li Wu, Juan Wu, Ning-Lin Zhou, Hong Mo, Zhen-Mao Ma, Jian Shen. Processing characteristics of low-density polyethylene filled with calcium carbonate of different size distributions. *Journal of Applied Polymer Science*, 2010, v. 118, pp. 2408 – 2418.
5. Kamal M., Sharma C.S., Upadhyaya P., Verma V., Pandey K.N., Kumar V., Agrawal D.D. Calcium carbonate (CaCO<sub>3</sub>) nanoparticle filled polypropylene: effect of particle surface treatment on mechanical, thermal, and morphological performance of composites. *Journal of Applied Polymer Science*, 2012, v. 124, pp. 2649 – 2656.
6. Zhaobo Wang, Xin Wang. Rheology and dispersion behavior of highly filled propylene-ethylene copolymer/calcium carbonate composites. *Polymer-Plastics Technology and Engineering*, 2010, v. 49, pp. 637 – 642.
7. Захаров В.П., Фахретдинов Р.К., Галиев Л.Р., Мингазова А.Р. Влияние влаги на физико-механические свойства древесно-полимерных композитов на основе вторичного полипропилена. *Пластические массы*, 2018, № 5 – 6, с. 56 – 58.
8. Sadritdinov A.R., Lazdin R.Y., Zakharova E.M., Shurshina A.S., Zakharov V.P., Kulish E.I. Ways to improve physico-mechanical properties of polymer composites on the basis of secondary polypropylene and natural extenders. *Letters on Materials*, 2018, v. 8, no. 4, pp. 406 – 409.
9. Zakharov V.P., Kusnullin A.G., Zakharova E.M., Shurshina A.S., Kulish E.I. Preparation of blending compositions based on secondary polypropylene with controlled physico-mechanical properties. *Periódico Tchê Química*, 2019, v. 16, no. 32, pp. 139 – 146.
10. Цвайфель Х., Маер Р.Д., Шиллер М. Добавки к полимерам. Справочник. СПб.: ЦОП “Профессия”, 2010, 860 с.

- Jakubowska P., Sterzyński T. Thermal diffusivity of polyolefin composites highly filled with calcium carbonate. *Polymer*, 2012, v. 57, no. 4, pp. 271 – 275.
- Schawel J.E.K., Vermeulen P.A., van Drongelen M. A new crystallization process in polypropylene highly filled with calcium carbonate. *Colloid & Polymer Science*, 2015, vol. 293, no. 6, pp. 1607 – 1614.
- Jipa S., Zaharescu T., Supaphol P. Thermal stability of isotactic polypropylene modified with calcium carbonate nanoparticles. *Polym. Bull.*, 2010, v. 64, pp. 783 – 790.
- Садритдинов А.Р., Нуриманова Э.С., Шуршина А.С., Фахретдинов Р.К., Галиев Л.Р., Захаров В.П. Оптимизация условий переработки вторичного полипропилена. *Вестник Башкирского университета*, 2017, т. 22, № 4, с. 972 – 976.
- Zhaobo Wang, Xin Wang. Rheology and dispersion behavior of highly filled propylene-ethylene copolymer/calcium carbonate composites. *Polymer-Plastics Technology and Engineering*, 2010, vol. 49, pp. 637 – 642.
- Zaharov V.P., Fahretdinov R.K., Galiev L.R., Mingazova A.R. Vliyanie vlazhnosti na osnovе vtorichnogo polipropilena [Influence of moisture on physical and mechanical properties of wood-polymer composites based on secondary polypropylene]. *Plasticheskie massy — International Polymer Science and Technology*, 2018, no. 5 – 6, pp. 56 – 58.
- Sadritdinov A.R., Lazdin R.Y., Zakharova E.M., Shurshina A.S., Zakharov V.P., Kulish E.I. Ways to improve physico-mechanical properties of polymer composites on the basis of secondary polypropylene and natural extenders. *Letters on Materials*, 2018, vol. 8, no. 4, pp. 406 – 409.
- Zakharov V.P., Kusnullin A.G., Zakharova E.M., Shurshina A.S., Kulish E.I. Preparation of blending compositions based on secondary polypropylene with controlled physico-mechanical properties. *Periódico Tchê Química*, 2019, vol. 16, no. 32, pp. 139 – 146.
- Tsvayfel Kh., Maer R.D., Shiller M. *Dobavki k polimeram* [Additives to polymers]. Saint-Petersburg, Professiya Publ., 2010, 860 p.
- Jakubowska P., Sterzyński T. Thermal diffusivity of polyolefin composites highly filled with calcium carbonate. *Polymer*, 2012, v. 57, no. 4, pp. 271 – 275.
- Schawel J.E.K., Vermeulen P.A., van Drongelen M. A new crystallization process in polypropylene highly filled with calcium carbonate. *Colloid & Polymer Science*, 2015, vol. 293, no. 6, pp. 1607 – 1614.
- Jipa S., Zaharescu T., Supaphol P. Thermal stability of isotactic polypropylene modified with calcium carbonate nanoparticles. *Polym. Bull.*, 2010, vol. 64, pp. 783 – 790.
- Sadretdinova A.R., Nurimanova E.S., Shurshina A.S., Fakhretdinov R.K., Galiev L.R., Zakharov V.P. Optimizatsiya usloviy pererabotki vtorichnogo polipropilena [Optimization of secondary polypropylene processing conditions]. *Vestnik Bashkirskogo universiteta — Bulletin of Bashkir University*, 2017, vol. 22, no. 4, pp. 972 – 976.

## References

- Thriveeni Thenepalli, Ahn Young Jun, Choon Han, Chilakala Ramakrishna, Ji Whan Ahn. A strategy of precipitated calcium carbonate (CaCO<sub>3</sub>) fillers for enhancing the mechanical properties of polypropylene polymers. *Korean J. Chem. Eng.*, 2015, vol. 32, no. 6, pp. 1009 – 1022.
- Pietrzak L., Sowinski P., Bojda J., Piorkowska E., Galeski A. Toughening of syndiotactic polypropylene with chalk. *Inc. J. Appl. Polym. Sci.*, 2016, vol. 133, art. 43651.
- Croitoru C., Pascu A., Roata I.C., Stanciu E.M. Obtaining and characterization of polyolefin-filled calcium carbonate composites modified with stearic acid. *Conf. Series: Materials Science and Engineering*, 2017, vol. 209, art. 012041.
- Jun Zhang, Jue Fang, Jun-Li Wu, Juan Wu, Ning-Lin Zhou, Hong Mo, Zhen-Mao Ma, Jian Shen. Processing characteristics of low-density polyethylene filled with calcium carbonate of different size distributions. *Journal of Applied Polymer Science*, 2010, vol. 118, pp. 2408 – 2418.
- Kamal M., Sharma C.S., Upadhyaya P., Verma V., Pandey K.N., Kumar V., Agrawal D.D. Calcium carbonate (CaCO<sub>3</sub>) nanoparticle filled polypropylene: Effect of particle surface treatment on mechanical, thermal, and morphological performance of composites. *J. of Applied Polymer Science*, 2012, vol. 124, pp. 2649 – 2656.

Статья поступила в редакцию — 3.04.2020 г.  
после доработки — 17.04.2020 г.  
принята к публикации — 20.04.2020 г.

**Псянчин Артур Альбертович** — Башкирский Государственный университет (450076, Уфа, ул. Заки Валиди 32/3), аспирант, специализируется в области высокомолекулярных соединений. E-mail: Artps96@yandex.ru.

**Глазырин Андрей Борисович** — Башкирский государственный университет (450076, Уфа, ул. Заки Валиди 32/3), кандидат технических наук, доцент, специалист в области полимерного материаловедения. E-mail: glaab@inbox.ru.

*Захарова Елена Михайловна — Башкирский Государственный университет (450076, Уфа, ул. Заки Валиди 32/3), кандидат химических наук, доцент, специалист в области высокомолекулярных соединений. E-mail: lena991999@mail.ru.*

*Хуснуллин Айгиз Гильмутдинович — Башкирский Государственный университет (450076, Уфа, ул. Заки Валиди 32/3), аспирант, специализируется в области высокомолекулярных соединений. E-mail: aygiz.husnullin@yandex.ru.*

*Садритдинов Айнур Радикович — Башкирский Государственный университет (450076, Уфа, ул. Заки Валиди 32/3), аспирант, специализируется в области высокомолекулярных соединений. E-mail: aynur.sadritdinov@mail.ru.*

*Захаров Вадим Петрович — Башкирский Государственный университет (450076, Уфа, ул. Заки Валиди 32/3), доктор химических наук, профессор, специалист в области высокомолекулярных соединений. E-mail: ZaharovVP@bashedu.ru.*

---

## **Thermophysical properties of polymer composites based on secondary polypropylene filled with chalk**

**A. Psyanchin, A. B. Glazyrin, E. M. Zakharova, A. G. Khusnullin,  
A. R. Sadretdinov, V. P. Zakharov**

One of the most common ways to create polymer composites based on polypropylene is to fill it with chalk, which allows you to improve the appearance of the resulting plastic products and their performance properties. The thermoplasticity of the resulting polymer composites determines the possibility of involving retired polymer materials in re-processing, which requires the study of the laws of the influence of heating on the thermophysical properties of the polymer phase. In this paper, we study the regularities of changes in the thermophysical parameters of polymer composites based on secondary polypropylene in the process of filling it with a chalk additive. It is shown that processing of primary polypropylene by injection molding leads to a decrease in the thermal stability of the resulting secondary polymer material without changing the melting and crystallization temperatures of the polymer phase, but is accompanied by a decrease in the melting enthalpy (by 9 – 11 %) and the degree of crystallinity of the polymer (by 5.6 – 6.5 %). Filling secondary polypropylene with chalk further reduces the temperature of the beginning of decomposition of the composite, while the temperature corresponding to the maximum rate of thermal-oxidative destruction is shifted by 18 – 25 °C to the lower temperature region. The introduction of a 2 mass.p. chalk additive into polypropylene reduces the melting point by 3.6 °C and increases the crystallization temperature of the polymer phase by 1.3 °C. Filling of secondary polypropylene with a chalk additive in the amount of 5 – 10 mass.p. reduces the degree of crystallinity of the polymer, which can lead to changes in the physical and mechanical properties of plastic products.

**Keywords:** secondary polypropylene, chalk, thermal stability, crystallinity, thermogravimetric analysis, differential scanning calorimetry.

---

*Psyanchin Arthur — Bashkir State University (450076, st. Zaki Validi, 32, Ufa, Rep. Bashkortostan, Russia), post-graduate student, specialist in the field of high-molecular compounds. E-mail: Artps96@yandex.ru.*

*Glazyrin Andrey — Bashkir State University (450076, st. Zaki Validi, 32, Ufa, Rep. Bashkortostan, Russia), PhD (Eng), associate professor, professor of Department technical chemistry and materials science, specialist in polymer materials science. E-mail: glaab@inbox.ru.*

*Zakharova Elena — Bashkir State University (450076, st. Zaki Validi, 32, Ufa, Rep. Bashkortostan, Russia), PhD (Chem), associate professor, specialist in the field of high-molecular compounds. E-mail: lena991999@mail.ru.*

*Khusnullin Aigiz — Bashkir State University (450076, st. Zaki Validi, 32, Ufa, Rep. Bashkortostan, Russia), post-graduate student, specialist in the field of high-molecular compounds. E-mail: aygiz.husnullin@yandex.ru.*

*Sadritdinov Ainur — Bashkir State University (450076, st. Zaki Validi, 32, Ufa, Rep. Bashkortostan, Russia), post-graduate student, specialist in the field of high-molecular compounds. E-mail: aynur.sadritdinov@mail.ru.*

*Zakharov Vadim — Bashkir State University (450076, st. Zaki Validi, 32, Ufa, Rep. Bashkortostan, Russia), Dr Sci (Chem), professor, specialist in the field of high-molecular compounds. E-mail: ZaharovVP@bashedu.ru.*