

Г. Р. Хусанова, М. Ф. Галиханов

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ БЕЖЕВОГО КОНЦЕНТРАТА НА КОМПЛЕКС СВОЙСТВ ПОЛИПРОПИЛЕНА

Ключевые слова: полипропилен, бежевый суперконцентрат, пигмент, показатель текучести расплава, физико-механические свойства.

В исследовании приведен обзор работ, посвященных влиянию пигментов на реологические, деформационно-прочностные, диэлектрические, теплофизические свойства и коэффициент усадки, а также температурные свойства полипропилена. Было выявлено, что пигменты оказывают значительное влияние на структуру и свойства полипропилена, что необходимо учитывать при применении изделий на его основе. Целью исследования являлась оценка влияния суперконцентрата на комплекс свойств (механических, реологических) полипропилена. В качестве объекта исследования использовался полипропилен марки 1316М (PP 1316М) (гомополимер пропилена) с ПТР = 8 г/10 мин и модулем упругости при изгибе 1250 МПа. В качестве добавки использовали бежевый суперконцентрат для полимеров Polycolor Beige 04035 на основе полиэтилена с 56-60 % -ным содержанием красящего вещества, ПТР = 28-43 г/10 мин, термостойкостью = 220-260°C и светостойкостью = 5-6. Полученные в ходе эксперимента данные показали, что введение бежевого концентрата в полипропилен привело к достаточно резкому росту значений его показателя текучести расплава. Был сделан вывод, что суперконцентрат содержит краситель, а не пигмент. Эксперимент также показал, что введение бежевого концентрата в полипропилен привело к снижению показателя предела прочности при растяжении. Снижение физико-механических свойств композиции полипропилена при введении и увеличении содержания мастербатча на основе полиэтилена закономерно из-за различий как в химическом, так и пространственном строении смешиваемых полимеров. В связи с этим был сделан вывод, что полиэтиленовый суперконцентрат не совсем подходит для полипропилена, несмотря на то, что производитель позиционирует данный мастербатч как универсальный для всех полиолефинов. Эксперимент показал, что бежевый суперконцентрат для полимеров Polycolor Beige 04035 на основе полиэтилена незначительно ухудшает качество полипропилена. Для практического применения полипропиленовых композиций рекомендуется добавлять минимальное количество мастербатча, достаточного для придания необходимой окраски (исходя из значений укрывистости красителя).

G. R. Khusainova, M. F. Galikhanov

THE STUDY OF THE PIGMENTS INFLUENCE ON THE COMPLEX OF POLYPROPYLENE PROPERTIES

Keywords: polypropylene, beige superconcentrate, pigment, melt flow index, physical and mechanical properties.

The study provides an overview of works devoted to the influence of pigments on the rheological, deformation-strength, dielectric, thermal-physical properties and shrinkage coefficient, as well as the temperature properties of polypropylene. It was found that pigments have a significant effect on the structure and properties of polypropylene, which must be taken into account when using products on its basis. The aim of the study was to assess the effect of the superconcentrate on the complex of properties (mechanical, rheological) of polypropylene. The object of study is Polypropylene grade 1316M (PP 1316M) (propylene homopolymer) with MFI = 8 g/10 min and a flexural modulus of 1250 MPa. The beige superconcentrate for polymers Polycolor Beige 04035 based on polyethylene with 56-60% content of coloring matter, MFI = 28-43 g/10 min, heat resistance = 220-260°C and light fastness = 5-6 was used as an additive. The data we obtained during the experiment showed that the introduction of the beige concentrate into polypropylene led to a fairly sharp increase in the values of its melt flow index. It was concluded that the superconcentrate contains a dye, not a pigment. The experiment also showed that the introduction of the beige concentrate into polypropylene led to a decrease in the tensile strength. A decrease in the physical and mechanical properties of the PP composition upon the introduction and increase in the content of the PE-based masterbatch is natural, due to the differences in both the chemical and spatial structure of the mixed polymers. In this regard, it was concluded that the polyethylene superconcentrate is not quite suitable for polypropylene, despite the fact that the manufacturer states that this masterbatch is universal for all polyolefins. Our experiment showed that the beige superconcentrate for polymers Polycolor Beige 04035 based on polyethylene slightly worsens the quality of polypropylene. For the practical use of polypropylene compositions, it is recommended to add a minimum amount of masterbatch sufficient to impart the required color (based on the values of the dye's hiding power).

Введение

Цвет является одним из основных параметров, определяющих эстетические свойства изделия. Как правило, придание цвета полимерным композициям, и, следовательно, изделиям из них, осуществляют смешением исходного полимера с концентратом, состоящим из этого же полимера и 15-25 об.% (40-60 масс.%) пигмента или красителя. Разработка рецептуры красящего концентрата начинается с

выбора красящих веществ. Критериями, по которым отбираются красящие вещества являются термическая и химическая стойкость, устойчивость к миграции, токсичность, свето- и атмосферостойкость. Для изделий с высокими эксплуатационными свойствами и жесткими допусками по размерной стабильности важным является вопрос влияния пигментов на свойства окрашенного материала [1].

Полиолефины, в частности полипропилен (ПП), являются одними из крупнотоннажных полимеров, который используется для изготовления различных изделий. ПП и композиции на его основе широко применяются для производства литевых и экструзионных изделий, безнапорных и водонапорных труб, для получения ответственных деталей технического назначения и многих других. ПП в виде многослойных неметаллизированных пленок также используется для упаковки пищевых продуктов (бакалея, хлебобулочные изделия, кондитерские изделия и т.д.) и товаров (цветов, канцелярских изделий и т.п.).

По своей физико-химической природе полиолефины – бесцветные полимеры, поэтому для придания изделиям из них привлекательных декоративных свойств широко используется способ окрашивание в массу [2]. При этом обычно полимер и концентрат смешивают при высоких температурах, в расплаве. Современная химическая промышленность предлагает огромный выбор красящих веществ (как органических, так и неорганических), в том числе и для окрашивания полимеров. Между тем, далеко не все из них по своим техническим характеристикам пригодны для окрашивания инженерных пластмасс. При окрашивании, к примеру, полимерных труб, основные проблемы могут быть связаны с особенностями их состава, условиями переработки и эксплуатации, а также требованиями, предъявляемыми к их маркировке. Но самое главное – наполнители, входящие в состав концентрата, могут оказывать большое влияние на свойства, эксплуатационные характеристики полимера. Таким образом, при разработке рецептуры окраски необходимо учитывать множество различных факторов.

Влиянию пигментов на реологические свойства полипропилена посвящены работы [3, 4]. В статье Жансаковой К.С. с соавт. [3] показано, что введение черного пигмента – технического углерода (ТУ) в ПП привело к увеличению показателя текучести расплава (ПТР) полимера на 0,8 г/10 мин при введении 0,5% технического углерода, на 0,6 г/10 мин при введении 1% ТУ. При введении 10% пигмента ПТР уменьшился на 0,3 г/10 мин. Вторая стадия экструдирования при изготовлении композита повлияла сильнее на рост ПТР. Наибольшее увеличение ПТР наблюдалось при введении 1% технического углерода (на 1,1 г/10 мин), а при введении 10% технического углерода на 0,3 г/10 мин. При введении других марок технического углерода наблюдалась в целом такая же картина.

Влиянию одних из наиболее крупнотоннажных органических пигментов, а именно, фталоцианиновых пигментов (ФЦП), посвящены исследования [4]. Авторами выявлено, что введение в полипропилен ФЦП от 0,05 до 1% ведет к повышению показателя текучести расплава с 10 до 11 г/10 мин.

К сожалению, авторы работ [3, 4] не привели объяснений наблюдаемых закономерностей.

Влиянию пигментов на деформационно-прочностные характеристики полипропилена посвящена значительная часть исследований [5-15]. В исследовании [5] было выявлено, что органический пигмент фталоцианин меди является эффективным зародышеобразователем и его включение в ПП в количестве 0,5 % ускоряет общую кинетику кристаллизации, в то время как неорганический пигмент ультрамаринный синий не является эффективным зародышеобразователем. Вязкоупругие свойства, полученные в ходе испытаний на колебательный сдвиг показали две разные реакции для смесей пигмента и полимера до кристаллизации в переохлажденном расплаве. Частицы неорганического пигмента увеличивают эластичность расплава перед кристаллизацией, тогда как органический пигмент действует как смягчающий агент. Высокая способность органического пигмента к зародышеобразованию связана с химическим и физическим строением пигмента, позволяющим агломерировать первичные частицы, снижая поверхностную энергию адсорбции молекул полимера. Однако сильный зародышеобразующий эффект пигментов может вызвать коробление и усадку деталей, отлитых под давлением. Исследователи выявили, что неорганический пигмент увеличивает модуль упругости чистого ПП, в то время как неорганический пигмент уменьшил его модуль упругости и модуль потерь [5].

В работе [6] показано, что введение минерального дисперсного наполнителя охры на свойства полипропилена приводит к заметному увеличению модуля упругости при растяжении. Показано, что функции имеют экстремум-максимум, который достигается при содержании наполнителя при 10,67% ($E_{p \max} = 1661,6$ МПа).

В работах [7-9] доказано положительное влияние смешанных железооксидных пигментов (СЖП) на увеличение прочностных характеристик вторичного ПП. В исследовании [7] выявлено, что 6 % содержание СЖП во вторичном ПП дает более высокие физико-механические показатели, чем 0,2%, 4% и 8%-ное его содержание. Испытания на изгиб показали, что максимальная прочность соответствует образцам, где содержание пигмента составляет 4% (напряжение при разрыве 49 МПа). К сожалению, авторы не назвали причины изменения свойств полимера при наполнении.

В исследовании [8] показано, что модифицированный вторичный ПП выдерживает гораздо большие механические напряжения без разрушения, о чем говорят испытания окрашенного ПП с содержанием СЖП 15 и 40% на релаксацию напряжения в интервале температур от 20 до 110 °С. Это объясняется тем, что модификация позволяет улучшить структуру материала, делая его более прочным и устойчивым к воздействию внешних нагрузок.

В исследовании [9] установлено, что оптимальное содержание СЖП во вторичном ПП составляет 4% по всем физико-механическим параметрам. При таком содержании пигмента прочность при изгибе ПП

выше на 14,3%, что является максимальным показателем среди значений от 2 до 8%. Результаты исследования показали, что такая модификация значительно улучшает прочностные характеристики материала, делая его более устойчивым к различным нагрузкам и воздействиям. Авторы также делают вывод, что пигмент можно применять как модифицирующую добавку для повышения прочностных характеристик вторичного ПП.

Любимов А.Г. и Мануленко А.Ф. [10] доказали, что суперконцентраты неорганических пигментов различной химической природы (пигменты Желтый 34, красный 104, Синий 29, Зеленый 7) по-разному влияют на степень кристалличности гомополимера ПП, несмотря на то, что размер частиц пигментов примерно одинаков. Приведенные зависимости физико-механических характеристик ПП от содержания суперконцентратов пигментов показывают резкое снижение деформации при пределе прочности. Авторы объясняют резкое снижение деформационных свойств ПП при введении небольшого количества неорганического пигмента тем, что при кристаллизации ПП избыток частичек пигмента выдавливается в аморфную область, что приводит к резкому уменьшению свободного объема и конформационной подвижности макромолекул. Поэтому при приложении нагрузки на материал движение сферолитов друг относительно друга затруднено, также резко ограничена подвижность макромолекул в аморфной области. Из-за ограничения подвижности сферолитов и макромолекул друг относительно друга материал перестает испытывать пластическую деформацию при нагрузке (или она резко снижается), начинает происходить хрупкое разрушение материала, что нежелательно для изделий технического назначения, которые испытывают динамические нагрузки, и совершенно недопустимо для высокоориентированных экструзионных изделий. Вышеперечисленные факторы приводят к уменьшению деформационных характеристик материала [11, 12].

В работе [3] показано, что введение технического углерода (от 0,5 до 10%) в ПП привело к уменьшению относительного удлинения при разрыве, модуля упругости и увеличению прочности при растяжении.

Влияние β - и γ -хинакридоновых пигментов на увеличение модуля упругости изотактического ПП выявлено в работе [13]. Введение небольшого количества пигмента (0,01 мас.%) в полукристаллическую полимерную матрицу, такую как изотактический полипропилен, может привести к сильной модификации ее механических и термических свойств, а также морфологии. Пигменты β - и γ -хинакридоны показали высокую эффективность нуклеации во время модификации изотактического ПП. Добавление обоих пигментов привело к повышению температуры кристаллизации; однако их присутствие в полипропиленовой матрице вызывало различные эффекты кристаллизации.

Образцы, модифицированные β -хинакридоном показали несколько более высокий модуль

упругости, чем образцы, содержащие γ – хинакридон, а наибольший рост произошел при введении 0.05% -хинакридона. Это объясняется тем, что β -хинакридон (ER-01) действует как сильный зародышеобразователь β -фазы, тогда как γ -хинакридон (E5B) можно охарактеризовать как низкоэффективный зародышеобразователь β -фазы. Его способность к β -нуклеации намного меньше, чем у другого класса γ -хинакридона (E3B), описанного в литературе. Колоризационная способность обоих рассматриваемых хинакридоновых пигментов была одинаковой, и даже самое незначительное количество модификатора приводило к сильным изменениям цвета.

Авторы [14] показали, что введение порошковых пигментов (фталоцианин меди, и азопигментов Irgalite Blue GBP, Irgalite Yellow WSR, Irgalite Rubine 4BP, Irgalite Rubine 2BP) и мастербатчей (желтовато-коричневый, синий, желтый и черный) привело к снижению прочностных свойств ПП. Это объясняется тем, что частицы и агломераты пигмента действовали как слабые места внутри волокна. На свойства растяжения также отрицательно может влиять разложение полимера в присутствии пигментов. В ходе эксперимента нити ПП, пигментированные порошковым красителем, часто ломались в процессе вытяжки из-за неравномерного распределения пигмента в полимерной матрице.

В исследовании [15] были изучены свойства композиций полипропилена с двумя изготовленными высокотермостойкими желтыми гибридными пигментами на основе глинистых минералов висмута в сочетании с процессами осаждения и отжига с использованием галлуазита (Hal) и каолина (Kal) соответственно. После введения в полипропилен гибридных пигментов висмутового желтого на основе глинистых минералов полученные композиты показали хорошие механические свойства по сравнению с полипропиленом и полипропиленом, армированным висмутовым желтым, что в основном объясняется синергическим эффектом между глинистыми минералами и висмутовым желтым. Прочность на изгиб ПП увеличилась на 56,5% и 82,5% после добавления 2,0 мас.% Hal-HP и 1,0 мас.% Kal-HP по сравнению с чистым ПП соответственно. По сравнению с ПП, армированным 0,5 мас. % BiVO_4 , прочность ПП на изгиб увеличилась на 24,6 и 45,4 % после введения 2,0 мас. % Hal-HP и 1,0 мас. % Kal-HP соответственно. Основываясь на приведенных выше результатах, добавление гибридных пигментов способствовало улучшению ударной вязкости ПП, что было подтверждено испытанием на изгиб ПП, армированного 0,5 мас.% BiVO_4 и 1,0 мас.% Kal-HP. Это явление в основном объяснялось включением глинистых минералов, которые могли эффективно улучшить механическое поведение полимера благодаря его высокому соотношению размеров и превосходной механической прочности.

Влияние пигментов на рост электропроводности полипропилена раскрыто в работах [16,17]. В статье [16] описаны результаты получения градиентных полимерных композиционных материалов путём

смешения технического углерода (сажи) и полипропилена в расплаве с помощью компаундера и дальнейшего термопрессования. Термически обработанные материалы обладали повышенной поверхностной электропроводностью по сравнению с исходными. В исследовании Степашкина А.С. и др. [17] доказано, что увеличение концентрации технического углерода в изотактическом полипропилене (13-17% для пленочных образцов и 23-27% для блочных) наблюдается порог протекания электрического сопротивления, т.е. при высоких концентрациях наполнителя он ведет себя как проводящий материал.

Способность композиций ПП и пигментов выдерживать испытания на атмосферные воздействия изучено в работах [18, 19]. В исследовании [18] доказано, что введение неорганических пигментов, содержащих оксид железа, диоксид титана и оксид цинка, в оболочечный слой древесно-полимерных композитов может существенно повысить их устойчивость к атмосферным воздействиям. Было выявлено, что композит, содержащий диоксид титана, лучше стабилизирует цвет, чем другие пигменты. Было также обнаружено, что содержание неорганических пигментов в композитах снижает плотность поверхности трещин, что объясняется способностью пигментов экранировать УФ-излучение. Испытания образцов на растяжение показали, что атмосферное старение снизило предел прочности при растяжении и модуль упругости всех композитов, кроме композитов, содержащих оксид цинка, который сохранил свои деформационно-прочностные свойства. Причины снижения механических свойств объясняются фотодегradацией поверхностного слоя и поглощением влаги композитами в процессе атмосферного старения.

В работе [19] доказано, что введение оксида титана привело к снижению деградации ПП до минимального уровня в пределах 0,3 мм от поверхности как в нестабилизированном, так и стабилизированном (HALS) полимера. По мнению авторов, добавление пигмента TiO_2 вызывает сильное снижение молекулярной деградации предположительно потому, что он блокирует проникновение ультрафиолета и ограничивает фотодегradацию узкой зоны на поверхности [20].

Влияние пигментов на теплофизические свойства и коэффициент усадки полипропилена рассматривается в работах [4, 6, 20-22]. В работе [4] выявлено, что введение ФЦП в изотактический ПП увеличивает температуру кристаллизации, что свидетельствует о выраженном нуклеирующем действии ФЦП на изотактический ПП. Небольшое увеличение температуры плавления на 1-2 °С, сопровождающееся ростом энтальпии плавления свидетельствует о росте степени кристалличности окрашенного ПП, что улучшает прочность, термостойкость и устойчивость к УФ-излучению. Также было выявлено, что введение ФЦП увеличивает технологическую усадку изотактического ПП, которая возникает из-за

разницы в коэффициентах термического расширения полимера и красителя. При охлаждении расплава ПП после окрашивания происходит уменьшение его объема, что приводит к деформации и изменению размеров изделия.

В исследовании [6] показано, что влияние охры на усадку изделий прямо пропорционально количеству вводимого ПП, а краситель влияет на свойства композиции только в случае введения порядка 5-10%. Авторы объясняют усадку изделий тем, что при нагревании ПП расширяется, а охра сжимается, а затем начинает расширяться. Это приводит к возникновению натяжений и деформаций в образце, что вызывает усадку. Таким образом, из-за того, что ПП имеет меньшую усадочную способность, при введении доли охры происходит рост усадки из-за разницы физико-химических свойств ПП и красителя.

В статье [20] авторы обратили внимание на то, что с ростом содержания синего фталоцианинового пигмента в ПП увеличиваются его теплофизические характеристики. Это связано с тем, что пигмент обладает высокой теплопроводностью и способен увеличить контактную площадь между молекулами полимера, что в свою очередь способствует более эффективному отведению тепла. Таким образом, добавление пигмента улучшает тепловые характеристики ПП и делает его более устойчивым к высоким температурам.

В работе [21] выявлено, что добавление пигментов оказало значительное влияние на измеренную усадку изотактического ПП, полученного литьем под давлением. В исследовании использовались - органический красный пигмент хинакридон; фиолетовый мастербатч, содержащий органический красный хинакридон (R 122) и два неорганических пигмента синий ультрамарин (синий 29) и белый (TiO_2); красный органический пигмент R1 и неорганический TiO_2 (белый 6) и два белых пигмента W1 и W2, содержащие TiO_2 .

Были зафиксированы значения усадки от 1,4% до 1,53% для пигментированного ПП по сравнению с 1,39% для чистого ПП. Было обнаружено, что мастербатчи, содержащие хинакридон и дикетопирролопиррольные пигменты вызывают наибольшие сдвиги как температуры начала кристаллизации, так и усадки.

В статье [22] рассмотрено использование термохромных лейкокрасителей, работающих по принципу внутримолекулярной перегруппировки и представляющих собой композицию из красителя, проявителя цвета и гидрофобных нелетучих органических растворителей. Эти красители подходят для текстильных изделий, так как их термохромный переход зависит от температуры плавления растворителей, и обладают многократной обратимостью. Количество вносимого красителя варьируется от 2 до 8-10%, так как введение 10% и более термохромного красителя в полимер снижает механическую прочность волокон до двух раз, а удлинение при разрыве до 1,5 раз.

В статьях работах [23, 24] показано положительное влияние белых пигментов на электретные свойства полипропилена.

Влияние красителя на температурные свойства ПП раскрыто в работе [13]. Как было указано выше, введение небольшого количества пигмента (0,01 мас.%) в изотактический полипропилен приводит к сильной модификации ее термических свойств. Пигменты β - и γ -хинакридоны показали высокую эффективность нуклеации во время модификации изотактического ПП. Добавление обоих пигментов привело к повышению температуры кристаллизации. Присутствие пигментов может нарушить регулярную упаковку полимерных цепей, что приведет к изменению кристалличности и термических свойств материала. Кроме того, пигменты могут действовать как зародышеобразователи, способствуя образованию более мелких и более однородных кристаллитов, тем самым улучшая механические свойства композиционного материала. Авторы также предполагают, что дисперсия пигментов внутри полимерной матрицы может влиять на морфологию поверхности материала, приводя к изменению его общих свойств.

Таким образом, пигменты оказывают значительное влияние на структуру и свойства полипропилена, что необходимо учитывать при применении изделий на его основе. Исследования в этой области — актуальны.

Цель настоящей работы — оценить влияние суперконцентрата на комплекс свойств (механических, реологических) полипропилена.

Объекты и методы исследования

В качестве объекта исследования использовался полипропилен марки 1316М (PP 1316М) (гомополимер пропилен) с ПТР = 8 г/10 мин и модулем упругости при изгибе 1250 МПа. В качестве добавки использовали бежевый суперконцентрат для полимеров PolycolorBeige 04035 на основе полиэтилена с 56-60 %-ным содержанием красящего вещества, ПТР = 28-43 г/10 мин, термостойкостью = 220-260°C и светостойкостью = 5-6.

Были приготовлены 5 композиций из полипропилена и красителя в следующих пропорциях:

- 1) Исходный (не наполненный) ПП;
- 2) ПП+2% концентрата;
- 3) ПП+4% концентрата;
- 4) ПП+6% концентрата;
- 5) ПП+8% концентрата.

Смешение полипропилена с концентратом проводили на лабораторном смесителе «Plasti-Corder» фирмы «Брабендер» с трехгранными роторами и объемом рабочей камеры 40 см³ с последующей вальцовкой. Параметры смешения: температура 190 °С, скорость вращения роторов – 60 об/мин.

Приготовление пластин из полипропилена и полученных композиций выполняли с помощью термогидравлического пресса горячего

изостатического прессования полимеров марки GT-7014-H10C с нагрузкой до 155 тонн с водяной системой охлаждения и жидкокристаллической панелью управления. Параметры прессования: температура – 230 °С, предварительный прогрев – 10 минут, время прессования – 2 минуты, время охлаждения – 2 минуты, давление – 15 тонн.

Определение показателя текучести расплава полипропилена и полученных композиций проводилось на приборе ИИРТ-М. ПТР полученных образцов определялся в соответствии с ГОСТ 11645-73 при температуре 230 °С и массе груза 2,16 кг с внутренним диаметром капилляра (2,095±0,005) мм. Время выдержки материала в нагретом приборе – 2 мин.

Механические свойства композиций исследовались с помощью двухколонной универсальной испытательной машины серии UGT-A17000-S.

Результаты и их обсуждение

Введение бежевого концентрата в полипропилен привело к достаточно резкому росту значений его показателя текучести расплава (рис. 1).

Таблица 1 – Показатель текучести расплава (ПТР, г/10мин) полипропилена и его композиций с бежевым суперконцентратом

Table 1 – Melt flow index (MFI, g/10min) of polypropylene and its compositions with beige superconcentrate

Содержание СК, % мас.				
0	2	4	6	8
5,78	7,64	10,3	10,4	12,8

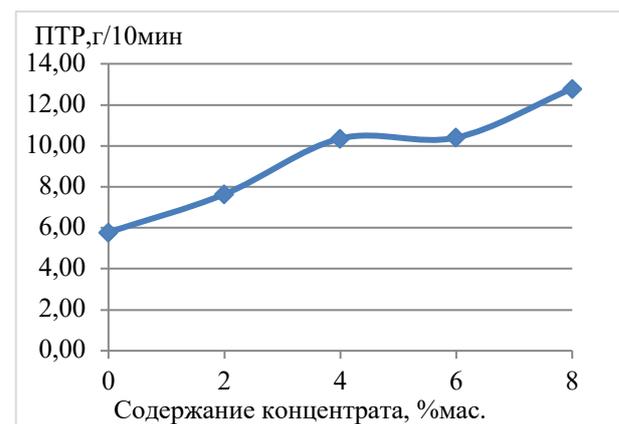


Рис. 1 – Зависимость значений показателя текучести расплава от количества введенного в полипропилен бежевого концентрата

Fig. 1 – Dependence of the values of the melt flow index on the amount of beige concentrate introduced into polypropylene

Введение бежевого концентрата в полипропилен привело к уменьшению значений его предела прочности при растяжении. При всех содержаниях композиций ПП и бежевого концентрата показатели

предела прочности при растяжении примерно одинаковые (рис. 2).

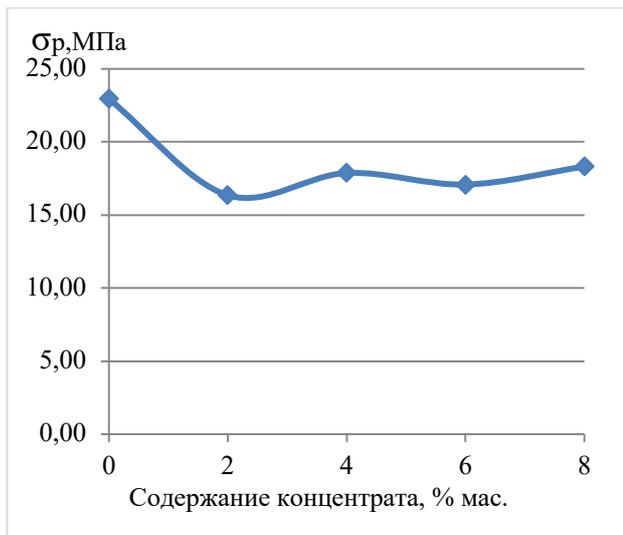


Рис. 2 – Зависимость значений показателя предела прочности при растяжении от количества введенного в полипропилен бежевого концентрата

Fig. 2 – Dependence of values of tensile strength index on the amount of beige concentrate introduced into polypropylene

Введение бежевого концентрата в полипропилен привело к росту значений его показателей относительного удлинения при растяжении, кроме образцов с его 8 %-ным содержанием. Наибольший рост относительного удлинения при растяжении показали образцы с 4% и 6%-ным содержанием бежевого концентрата (рис. 3).

Те же показатели были получены [7, 9] при испытании композиций СЖП и ПП на изгиб, что максимальная прочность композиций соответствует образцам, где содержание пигмента составляет 4%.

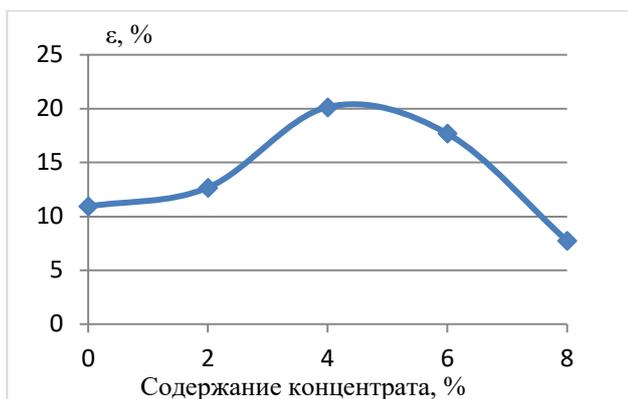


Рис. 3 – Зависимость значений показателя относительного удлинения при растяжении от количества введенного бежевого концентрата

Fig. 3 – Dependence of tensile elongation values on the amount of injected beige concentrate

Нередко для многих переработчиков остро встает вопрос о способах увеличения ПТР полипропилена.

Это особенно становится актуально в периоды дефицита высокотекучих марок. Повышение показателя текучести расплава полипропилена является важным инструментом для оптимизации процесса переработки и повышения качества готовых изделий. Специальные добавки, модификаторы, могут изменять структуру полимера и повышать его текучесть, но важно отметить, что повышение ПТР может влиять на его механические свойства и стойкость к температурным воздействиям. Например, в приведенном эксперименте, введение бежевого концентрата в полипропилен привело к снижению показателя предела прочности при растяжении (рис. 2).

Снижение физико-механических свойств композиции ПП при введении и увеличении содержания мастербатча на основе ПЭ закономерно, что можно объяснить ограниченной совместимостью двух полимеров ПП и ПЭ, вызванной различием как в химическом, так и пространственном строении смешиваемых полимеров. В связи с этим можно сделать вывод, что полиэтиленовый суперконцентрат не совсем подходит для полипропилена, несмотря на то, что производитель позиционирует данный мастербатч как универсальный для всех полиолефинов.

Эксперименты показали, что введение бежевого концентрата в полипропилен привело к достаточно резкому росту значений его показателя текучести расплава. Исходя из этого, мы можем сделать вывод, что суперконцентрат содержит краситель, а не пигмент. При введении пигментов, в качестве которых выступают высокодисперсные порошки, как правило, ПТР полимера снижается.

Нами также было выявлено в ходе эксперимента, что метод переработки полимера не меняется – интервал 6-13 г/10 минут позволяет перерабатывать все исследуемые композиции одним и тем же способом.

Проведенный эксперимент показал незначительное ухудшение прочностных характеристик полипропилена, о чем свидетельствует кривая «прочность-деформация» для композиции ПП с 2 % суперконцентрата (рис. 4).

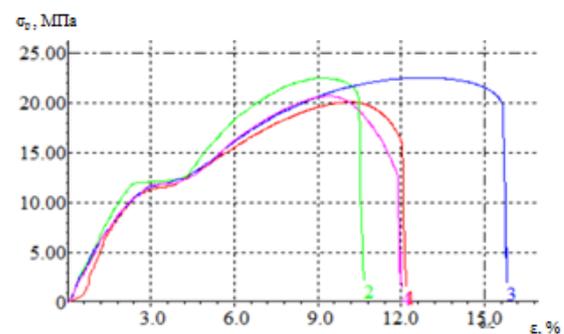


Рис. 4 – Кривая «прочность-деформация» для композиции полипропилена с 2 % бежевого суперконцентрата (4 образца)

Fig. 4 – Strength-strain curve for polypropylene composite with 2 % beige superconcentrate (4 samples)

Если для исходного полипропилена значение разрушающего напряжения при растяжении составляет 22,9 МПа, то у композиции ПП с 2, 4, 6 и 8 % мастербатча – 21,1 МПа, 17,8 МПа, 17,0 МПа и 18,3 МПа соответственно.

Выводы

Таким образом, в работе показано, что бежевый суперконцентрат Polycolor Beige 04035 на основе полиэтилена незначительно ухудшает качество полипропилена. Для практического применения полипропиленовых композиций рекомендуется добавлять минимальное количество данного мастербатча, достаточного для придания необходимой окраски (исходя из значений укрывистости красителя).

Литература

1. Е.Ф. Беленький, И.В. Рискин, Химия и технология пигментов. Химия, Ленинград, 1974. 656 с.
2. А. Мюллер, Окрашивание полимерных материалов. Профессия, СПб, 2006. 277 с.
3. К.С. Жансакова, Н.С. Митряева, Е.А. Стрижак, VIII международная научно-техническая конференция «Техника и технология нефтехимического и нефтегазового производства» (Омск, Россия, 26 фев. – 2 мар., 2018). Омск, 2018. С.177-178.
4. А. Панкрашкин, А. Иванов, В. Рыжов, Е. Калугина, *Полимерные трубы*, 2, 40, 46-51 (2013).
5. D. Lee Wo, R.I. Tanner, *RheologicaActa*, 49, 75-88 (2009). DOI:10.1007/s00397-009-0388-2.
6. Т.Н. Теряева, О.В. Касьянова, *Пластические массы*, 9, 33-37 (2009).
7. Т.А. Ларюшкин, *Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения*, 4, 17, 77-78 (2015).
8. А.М. Славин, М.Д. Петунова, М.Н. Попова, Конструкции из композиционных материалов, 1, 63-70 (2011).
9. А.М. Орлова, А.М. Славин, М.Н. Попова, *Вестник МГСУ*, 3, 134-139 (2010).
10. А.Г. Любимов, А.Ф. Мануленко, *Труды БГТУ. Химия, технология органических веществ и биотехнология*, 4, 36-39 (2012).
11. Ю.С. Липатов, Физическая химия наполненных полимеров. Химия, Москва, 1977. 304 с.
12. В.Г. Назаров, Поверхностная модификация полимеров: монография. МГУП, Москва, 2008. 474 с.
13. M. Barczewski, D. Matykiewics, B. Hoffmann, *International journal of polymer science*. 2017. DOI:10.1155/2017/7043297
14. S.I. Ahmed, R. Shamey, R. Christie, R. Mather, *Coloration technology*, 122, 282 - 288 (2006). DOI:10.1111/j.1478-4408.2006.00042.x
15. X. Wang, B. Mu, Z. Zhang, A. Wang, *Composites. Part B.*, 174 (2019). DOI:10.1016/j.compositesb.2019.107035
16. М.Ю. Яблоков, А.Н. Щеголихин, О.В. Лебедев, Г.П. Гончарук, А.Н. Озерин, *Известия академии наук. Серия химическая*, 9, 1816-1821. (2021).
17. А.С. Степашкина, *Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности*, 3, 51-54 (2014).
18. S. Butylina, O. Martikka, T. Karki, *Polymer degradation and stability*, 120 (2015) DOI:10.1016/j.polymdegradstab.2015.06.004
19. T.J. Turton, J.R. White, *Polymer degradation and stability*, 74, 559-568 (2001). DOI:10.1016/S0141-3910(01)00193-8

20. А.В. Панкрашкин, А.Н. Иванов, А.Е. Чалых, В.В. Матвеев, Е.В. Калугина, *Пластические массы*, 9, 57-61 (2010).
21. J. Ullah, E. Harkin-Jones, A. McIlhagger, C. Magee, D. Tormey, F. Dave, R. Sherlock, D. Dixon, *Journal of polymer research*, 29 (2022). DOI:10.1007/s10965-022-03028-z
22. Е.С. Сашина, А.П. Михайловская, М.А. Бакаева, А.Ю. Кулешова, *Известия высших учебных заведений: технология текстильной промышленности*, 5, 407, 20-29 (2023).
23. A. Viraneva, T. Yovcheva, M. Galikhanov, *IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation*, 22, 3, 1343-1348 (2015). DOI:10.1109/TDEI.2015.7116320
24. A. Viraneva, T. Yovcheva, I. Bodurov, M. Galikhanov, *Bulgarian Chemical Communications*, 45, 73-76 (2013).

References

1. E.F. Belenkiy, I.V. Riskin, Chemistry and technology of pigments. Chemistry, Leningrad, 1974. 656 p.
2. A. Muller, Colouring of polymeric materials. Profession, SPb, 2006. 277 p.
3. K.S. Zhansakova, N.S. Mitryaeva, E.A. Strizhak, VIII International Scientific and Technical Conference 'Technique and technology of petrochemical and oil and gas production' (Omsk, Russia, 26 Feb. - 2 Mar., 2018). Omsk, 2018. C.177-178.
4. A. Pankrashkin, A. Ivanov, V. Ryzhov, E. Kalugina, *Polymer pipes*, 2, 40, 46-51 (2013).
5. D. Lee Wo, R. I. Tanner, *RheologicaActa*, 49, 75-88 (2009). DOI:10.1007/s00397-009-0388-2.
6. T.N. Teryaeva, O.V. Kasyanova, *Plastic Masses*, 9, 33-37 (2009).
7. T.A. Laryushkin, *Modern science: actual problems and ways of their solution*, 4, 17, 77-78 (2015).
8. A.M. Slavin, M.D. Petunova, M.N. Popova, *Constructions from composite materials*, 1, 63-70 (2011).
9. A.M. Orlova, A.M. Slavin, M.N. Popova, *Vestnik MSCU*, 3, 134-139 (2010).
10. A.G. Lyubimov, A.F. Manulenko, *Proceedings of BSTU. Chemistry, Technology of Organic Substances and Biotechnology*, 4, 36-39 (2012).
11. Y.S. Lipatov, Physical chemistry of filled polymers. Khimiya, Moscow, 1977. 304 c.
12. V.G. Nazarov, Surface modification of polymers: monograph. MSUP, Moscow, 2008. 474 p.
13. M. Barczewski, D. Matykiewics, B. Hoffmann, *International journal of polymer science*. 2017. DOI:10.1155/2017/7043297.
14. S.I. Ahmed, R. Shamey, R. Christie, R. Mather, *Colouration technology*, 122, 282 - 288 (2006). DOI:10.1111/j.1478-4408.2006.00042.x.
15. X. Wang, B. Mu, Z. Zhang, A. Wang, *Composites. Part B.*, 174 (2019). DOI:10.1016/j.compositesb.2019.107035.
16. M.Y. Yablokov, A.N. Shegolikhin, O.V. Lebedev, G.P. Goncharuk, A.N. Ozerin, *Izvestia akademii nauki. Series chemical*, 9, 1816-1821. (2021).
17. A.S. Stepashkina, *Izvestiya vysshee obrazovaniya vysshee obrazovaniya. Technology of light industry*, 3, 51-54 (2014).
18. S. Butylina, O. Martikka, T. Karki, *Polymer degradation and stability*, 120 (2015) DOI:10.1016/j.polymdegradstab.2015.06.004
19. T.J. Turton, J.R. White, *Polymer degradation and stability*, 74, 559-568 (2001). DOI:10.1016/S0141-3910(01)00193-8.
20. A.V. Pankrashkin, A.N. Ivanov, A.E. Chalykh, V.V. Matveev, E.V. Kalugina, *Plasticheskie массы*, 9, 57-61 (2010).
21. J. Ullah, E. Harkin-Jones, A. McIlhagger, C. Magee, D. Tormey, F. Dave, R. Sherlock, D. Dixon, *Journal of polymer research*, 29 (2022). DOI:10.1007/s10965-022-03028-z.

22. E.S. Sashina, A.P. Mikhailovskaya, M.A. Bakaeva, A.Yu. Kuleshova, *Izvestiya vysshee obrazovaniya: tekhnologiya tekstilnoy promyshlennosti: tekhnologiya tekstilnoy promyshlennosti*, 5, **407**, 20-29 (2023).

23. A. Viraneva, T. Yovcheva, M. Galikhanov, *IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation*, 22, **3**, 1343-1348 (2015).DOI:10.1109/TDEI.2015.7116320.

24. A. Viraneva, T. Yovcheva, I. Bodurov, M. Galikhanov, *Bulgarian Chemical Communications*, **45**, 73-76 (2013).

© **Г. Р. Хусаннова** – канд. пед. наук, магистрант кафедры Технологии переработки полимеров и композиционных материалов (ТППКМ), Казанский национальный исследовательский технологический университет (КНИТУ), Казань, Россия, english4@yandex.ru; **М. Ф. Галиханов** – д-р техн. наук, ведущий научный сотрудник Института прикладных исследований Академии наук Республики Татарстан, профессор кафедры ТППКМ, КНИТУ, mgalikhanov@yandex.ru.

© **G. R. Khusainova** - PhD (Pedagogical Sci.), Master-Student of the department of Polymers and Composite Materials Processing Technology (PCMPT), Kazan National Research Technological University (KNRTU), Kazan, Russia, english4@yandex.ru; **M. F. Galikhanov** – Doctor of Sciences (Technical Sci.), Leading Researcher of the Institute of Applied Research, Tatarstan Academy of Sciences, Professor of the PCMPT department, KNRTU, mgalikhanov@yandex.ru.