

Литература

1. Воздействие деятельности ОАО «Алданзолото ГРК» на окружающую среду (Отчеты о выполнении природоохранных мероприятий по соблюдению экологической безопасности за 2013-2015 гг.) // Правительство Республики Саха (Якутия), Министерство охраны природы Республики Саха (Якутия). Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды Республики Саха (Якутия) в 2015 году». [Электронный ресурс]. URL: [https://minpriroda.sakha.gov.ru/uploads/ckfinder/userfiles/files/%D0%A7%D0%B0%D1%81%D1%82%D1%8C%204\(2\).pdf](https://minpriroda.sakha.gov.ru/uploads/ckfinder/userfiles/files/%D0%A7%D0%B0%D1%81%D1%82%D1%8C%204(2).pdf)
2. Отчет о результативности системы экологического менеджмента ЯкБЕ АО «Алданзолото ГРК» ГРК за 2015 г. от 22.03.2016 г. [Электронный ресурс]. URL: <http://polyus.com/upload/iblock/62b/polyus-gold-annual-report-15.pdf>
3. Руководство по системе экологического менеджмента ЯкБЕ ОАО «Алданзолото ГРК» РЭМ ПОЛЮС СЭМ ЯкБЕ-04-2010 от 27.10.2010 г. (ред. 05.11.2015 г.). [Электронный ресурс]. URL: http://so-ups.ru/fileadmin/files/laws/standards/st_ecolog.pdf.

**ИМПОРТОЗАМЕЩАЮЩИЙ СПОСОБ ПРОИЗВОДСТВА МОДИФИКАТОРОВ БИТУМА
НА ОСНОВЕ АТАКТИЧЕСКОГО ПОЛИПРОПИЛЕНА**

М.С. Полонский, В.А. Желнорович, Р.А. Котомкин

Научный руководитель доцент, к.х.н. О.В. Ротарь

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г.Томск, Россия

В настоящее время как в мире в целом, так и в России в частности можно отметить чрезвычайно высокий спрос на полипропилен. На данный момент полипропилен – третий в мире полимер по объёмам потребления, уступающий лишь полиэтилену и поливинилхлориду. В России же за период с 2000 по 2015 год потребление пропиленов возросло практически в шесть раз: с 200 до 1200 тысяч тонн. Очевидно, что потребность в этом полимере будет продолжать расти, а значит, должны развиваться способы получения и расти объёмы производства полипропилена.

Сейчас, вне зависимости от способа получения полипропилена, около 2–3 % от общей массы получаемого на производстве продукта составляет атактический полипропилен – материал более низкого качества по сравнению с полипропиленом изотактическим, а потому зачастую не находящий применения в производстве и отправляющийся на утилизацию. Организация безотходного производства полипропилена не только станет альтернативой утилизации атактики, но и, возможно, будет способствовать решению экологических и экономических задач. Поэтому в данном исследовании мы хотели рассмотреть различные виды сополимеров и инициаторов сополимеризации для подбора реагентов, обеспечивающих максимальный выход наиболее качественного продукта.

Сущность прививки по радикальному механизму заключается в образовании макрорадикалов полипропилена, к которым при последующей полимеризации присоединяются боковые цепи другого полимера. Для получения привитых сополимеров в реакции «полимер – мономер» используются реакции химических превращений полимеров: наличие в атактического полипропилена остаточных двойных связей и виниловых мономеров приводит к получению нового привитого сополимера.

Для создания реакционных центров системы были использованы инициаторы радикального типа: динитрил азоизомасляной кислоты, перекись бензоила и пероксодисульфат калия.

Прививку радикалов в эксперименте проводили в растворе гептана (нефраса) при температуре 80°

Таблица 1

Инициатор	Сополимер	Наибольший практический выход, %
Динитрил азоизомасляной кислоты	Стирол	73 – 85
	Дициклопентадиен	16 – 27
Пероксодисульфат калия	Стирол	22 – 32
	Дициклопентадиен	23 – 27
Бензоилпероксид	Стирол	85
	Дициклопентадиен	22 – 28

На основании экспериментальных данных была также построена зависимость выхода привитого сополимера от концентрации динитрила азоизомасляной кислоты. Из рисунка видно, что при низкой концентрации динитрил азоизомасляной кислоты неэффективен, однако вплоть до 5 % концентрации наблюдается резкое увеличение процентного выхода. Дальнейшее же увеличение концентрации инициатора не влияет на выход привитого сополимера.

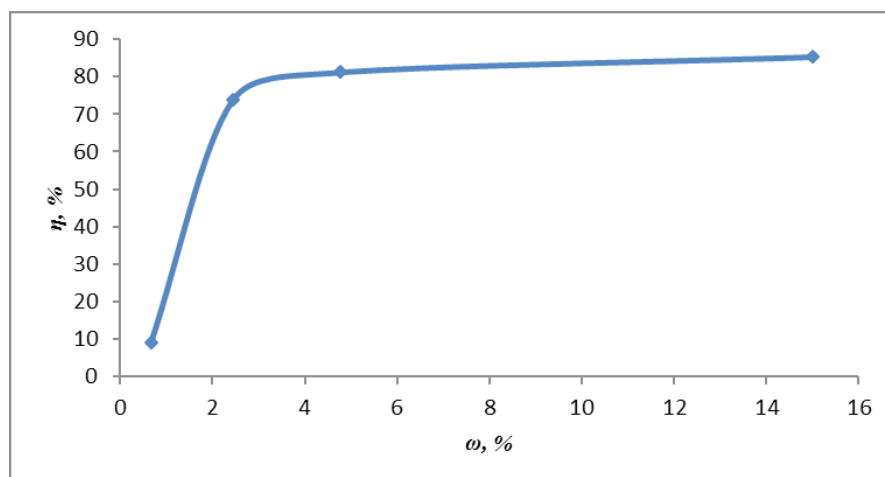


Рис. 1. Зависимость выхода привитого сополимера от концентрации динитрила азоизомасляной кислоты

где ω – массовая концентрация инициатора, η – выход привитого сополимера.

Были исследованы температуры размягчения привитых сополимеров. На основании экспериментальных данных можно сделать следующие выводы: прививка стирола и дициклопентадиена повышает температуру размягчения с 70–90° С до 105–120°С. Таким образом, можно говорить, что в результате привитой сополимеризации подавляются или даже полностью устраняются такие отрицательные свойства полипропилена, как недостаточная стойкость к термоокислительной и световой деструкции. Также наблюдается увеличение механической прочности пленок сополимеров по сравнению с пленками атактического полипропилена. В итоге имеем продукт, качество которого выше, чем качество исходного атактического полипропилена, что значительно увеличивает область применения.

Одним из наиболее рациональных направлений использования привитых сополимеров на основе атактического полипропилена является модифицирование битумов. Модифицированные битумы позволяют повысить устойчивость к изменению температур и сильно замедлить процесс старения дорожных покрытий, несмотря на то, что их доля в дорожном покрытии составляет приблизительно 6 %. Наиболее высокими показателями обладают битумы, модифицированные полимерными материалами, и наиболее популярным в Европе и в России модификатором, является стирол-бутадиен-стирол-модификатор, или «искусственный каучук». Модификаторы на основе атактического полипропилена являются его наиболее близкими заменителями. В России стоимость стирол-бутадиен-стирол-модификаторов сильно различается в зависимости от региона и в среднем составляет 180 рублей за килограмм. Кроме того, в 2015 году в страну было импортировано 4266 тонн модификатора.

Сегодня в России производится более 1200 тысяч тонн полипропилена в год, при данных мощностях объем атактического полипропилена составляет около 40 тысяч тонн в год. Это говорит о том, что получение и использование привитого сополимера на его основе может полностью покрыть потребность Российского рынка в битумных модификаторах при его должном использовании. Наибольшей выгоды производства таких модификаторов можно добиться при организации предприятия по прививке сополимеров непосредственно в том же регионе, что и производство полипропилена, снижая тем самым затраты на его доставку. Данное направление выгодно не только в экологическом плане, но может стать и прекрасным источником дохода.

Литература

1. Были исследованы температуры размягчения привитых сополимеров. На основании экспериментальных данных можно сделать следующие выводы: прививка стирола и дициклопентадиена повышает температуру размягчения с 70–90° Costabile C., Milano G., Cavallo L., Longo P., Guerra G., Zambelli A. Stereoselectivity in Ziegler-Natta polymerization of conjugated dienes. 2. Mechanism for 1, 2 syndiotactic polymerization of diene monomers with high energy s-cis 4 coordination // Polym. – 2004. – V.45. – P. 467–485.
2. Virkkunen V., Pietila L.-O., Sundholm F. DFT investigation of the regio-specificity of a model catalyst site for propene polymerisation // Polym. – 2003. – V.44. – P. 3133–3139.
3. Долгоплоск Б. А., Тинякова Е. И. Металлоорганический катализ в процессах полимеризации. – М.: Наука, 1985. – 534 с.
4. Тарасов Р.В., Макарова Л.В., Кадомцева А.А. Модификация битумов полимерами // Современные научные исследования и инновации. 2014. № 5. [Электронный ресурс]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2014/05/34687>
5. Хахулин П. А., Суханова А. Н., Семакин С. В., Мубаракшин Р. Р. Полимеризация пропилена в присутствии титан-магниевого каталитического систем с различными электронодонорными соединениями // Химия и химическая технология в XXI веке: материалы XIV Всероссийской научно-практической конференции имени профессора Л.П. Кулёва студентов и молодых ученых с международным участием: в 2 т., Томск, 13 – 16 Мая 2013. – Томск: Изд-во ТПУ, 2013 – Т. 2 – С. 169–170.