

УДК 678.742.2

АНАЛИЗ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СВЕРХВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНОГО ПОЛИЭТИЛЕНА

Пилин М.О., магистрант гр. ХП_м-151, II курс, ассистент каф. УПиИЗ

Попов В.С., студент гр. ХП_б-131, IV курс

Научные руководители: Теряева Т.Н., д.т.н., профессор, Костенко О.В., к.т.н.,
доцент

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачёва
г. Кемерово

В настоящее время существенно возрос интерес к новейшим синтетическим полимерам. Благодаря уникальным свойствам спектр их применений активно расширяется. Одним из наиболее перспективных полимеров является сверхвысокомолекулярный полиэтилен (СВМПЭ), который отличается комплексом ценных свойств [1,2].

К данной категории относят полиэтилены с молекулярной массой более $1,5 \cdot 10^6$. СВМПЭ отличается высокими показателями механической прочности (износостойкость, ударопрочность, истирание) и превосходит по этим показателям многие сорта стали. Имеет хорошие антифрикционные показатели, сравнимые с фторопластами и полиамидами. По причине большой молекулярной массы СВМПЭ имеет высокую вязкость расплава, что затрудняет его переработку.

На сегодняшний день распространены такие методы переработки СВМПЭ как:

1. Спекание,
2. Прессование,
3. Гель-формование,
4. Рэм-экструзия,
5. Напыление.

Благодаря уникальному сочетанию химической стойкости, твёрдости, и относительно низкой стоимости данного вида полимеров, их можно применять в качестве экономически эффективной замены дорогостоящих материалов, так и в качестве материала, оптимального для определенных задач.

Не смотря на сложность переработки у СВМПЭ широкий спектр применения: канаты; листовые изделия и пластины; различные конструкционные элементы и детали, ударопрочные элементы для машиностроения; сепараторы для автомобильных аккумуляторов; эндопротезы; ленты и пластины для изготовления скользящих поверхностей спортивного инвентаря (лыжи, сноуборды и др.); фильтры для работы в агрессивных средах в пищевой и химической промышленности; тонкослойные

антикоррозионные покрытия металлических емкостей и деталей; высокопрочные нити для изготовления средств бронезащиты и канатов; морозостойкие композиционные материалы для уплотнительных резинотехнических изделий [3-5].

Целью научной работы является исследование технологических свойств СВМПЭ (ООО «Томскнефтехим») с молекулярной массой 610 000 и 3 000 000 для получения деталей и элементов конструкций, подвергающихся ударной нагрузке и истиранию в машиностроении (катки, зубчатые передачи, опорные втулки, направляющие и др.).

Для достижения цели была поставлена задача - исследовать технологические свойства СВМПЭ с целью определения методов переработки и технологических параметров переработки СВМПЭ.

Для исследования свойств СВМПЭ определялись плотность (ГОСТ 15139), содержание влаги и летучих веществ (ГОСТ 19728.19), удельный объем и насыпная плотность (ГОСТ 11035).

Исследования размеров надмолекулярной структуры СВМПЭ проведены на микроскопе растровом JEOL JSM – 6390LA, термохимических свойств - на Синхронном термоанализатор-дерииватографе STA 409 Luxx фирмы Netzsch с масс-спектрометрической приставкой «Aeolos» в атмосфере воздуха. Результаты исследований приведены в табл. 1.

Таблица 1

Технологические свойства СВМПЭ

Молекулярная масса	Размеры частиц, мкм	$\rho_{\text{нас}}, \text{кг/м}^3$	$V_{\text{уд}} \cdot 10^3, \text{м}^3/\text{кг}$	$\rho_{\text{ист}}, \text{кг/м}^3$
610 000	20-400	498 ± 8	2,01	1006 ± 25
3 000 000	40-600	472 ± 2	2,12	918 ± 19

При увеличении в 750 раз СВМПЭ 610000 и 3000000 обнаруженного частицы данных образцов имеют неправильную округлую форму. Размеры частиц СВМПЭ 610000 составляют порядка 20-400 мкм, а у СВМПЭ 3000000 - 40-600 мкм. По виду частицы похожи на агломераты, собранные из более мелких округлых частиц.

Увеличение изображения в 1500 раз СВМПЭ 610000 позволило определить, что частицы имеют мелкозернистую и глобулярную структуру, в которой части глобул или зерен объединены с соседними структурами связями в виде «мостиков», а СВМПЭ 3000000 не имеет данных связей между частицами.

По размеру частиц СВМПЭ 610000 можно отнести к высокодисперсным (10 - 40 мкм) и среднedisперсным (40 - 250 мкм), а СВМПЭ 3000000 - среднedisперсным (40 - 250 мкм) и крупнодисперсным (250 - 1000 мкм).

Насыпная плотность СВМПЭ 610000 (табл. 2.) больше по сравнению с плотностью СВМПЭ 3000000, следовательно, СВМПЭ 610000 имеет более плотную упаковку частиц. Истинная плотность СВМПЭ 610000 тоже больше

по сравнению с плотностью СВМПЭ 3000000 (на 9 %), следовательно, глобулы СВМПЭ 610000 имеют более высокие межмолекулярные взаимодействия.

Содержание влаги и летучих веществ в данных образцах составляет 0 %, следовательно, перед переработкой не требуется предварительная сушка.

Таблица 2

Термохимические свойства СВМПЭ

Молекулярная масса	Температура плавления, °С	Температура окисления, °С	Температура окончания окисления, °С	Температура деструкции, °С
610 000	134,7	214,0-249,3	410,0	439,6
3 000 000	140,5	209,0-260,0	390,0	440,0

Исследование термохимических свойств образца полимера СВМПЭ с ММ 610000 показало:

1. Температура плавления - 134,7 °С, потеря массы составляла 13 %.
2. Температура окисления - 214,0-249,3°С, потеря массы составила 31 %.
3. Окончательные процессы окисления при 410,0°С, уменьшение массы на 43 %.
4. Заключительный этап - это деструкция при температуре 439,6 °С, уменьшение массы на 12 %.
5. Образец полностью сгорает.

Определение термохимических свойств СВМПЭ с ММ 3000000 дало следующие данные:

1. Температура плавления - 140,5 °С, потеря массы составила 26 %.
2. Температура окисления - 209,0-260,0°С, потери массы составили 38 %.
3. Окончательные процессы окисления при 390,0°С, уменьшение массы на 23 %.
4. Заключительный этап - это деструкция при температуре 440,0 °С изменение массы на 12 %.
5. Образец полностью сгорает.

Были проведены испытания образцов на твёрдость и водопоглощение. Полученные данные приведены в табл. 3.

Таблица 3

Результаты анализа образцов на твёрдость и водопоглощение

Молекулярная масса	Твёрдость, МПа	Водопоглощение, %
610 000	135±5	0,01
3 000 000	110±5	0,01

На основании полученных результатов можно сделать вывод о различии свойств СВМПЭ (ООО «Томскнефтехим») с молекулярными массами 610 000 и 3 000 000. Полимеры имеют различные показатели плотности и размеров частиц. ПЭ с молекулярной массой 610 000 отличается более широким диапазоном температур переработки (134,0-214,0 °С), имеет более высокий показатель твёрдости.

Список литературы:

1. Андреева, И.Н. Сверхвысокомолекулярный полиэтилен высокой плотности/ И. Н. Андреева [и др.]- Л.: Химия, 1982. - 80с.
2. Майер, Э.А. Сверхвысокомолекулярный полиэтилен: новая реальность отечественной промышленности полиолефинов / Э.А. Майер [и др.] // Пласт. массы. - 2003. - № 8. - С. 3-4.
3. Михайлин, Ю.А. Сверхвысокомолекулярный полиэтилен / Ю.А. Михайлин// Полим. матер. - 2003. - № 3. - С. 18-21.
4. Stein H.L. Ultra high molecular weight polyethylene (UHMWPE) // Engineered Materials Handbook. ASM Int., - 1999. - P. 167-171.
5. Prout E.O. UHMW polyethylene // Modern Plastics encyclopedia. - 1986-1987. - P. 67-68.