

ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ТЕХНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА НА АДГЕЗИОННЫЕ СВОЙСТВА НАНОКОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИЭТИЛЕНА НИЗКОЙ ПЛОТНОСТИ И МЕТАЛЛОВ

С целью улучшения эксплуатационных характеристик промышленных полиолефинов предпринимаются различные методы модификации их структуры, способствующие получению на их основе композитных материалов с заранее заданным комплексом свойств [1]. Одним из эффективных приемов модификации свойств является введение в состав полиолефинов различных типов наполнителей. В качестве наполнителя используются минеральные наполнители, которые различаются своей дисперсностью. За последние годы значительный интерес вызывают полимерные нанокompозиты, полученные с использованием наночастиц наполнителя. Эффективность их использования выражается в том, что в результате введения минимального количества наночастиц представляется возможным существенно улучшить физико-механические свойства нанокompозитов. В этой связи следует отметить, что в литературе в ряде случаев приводятся противоречивые сведения относительно свойств нанокompозитов. Многие авторы интерпретируют это обстоятельство недостаточной изученностью поведения наночастиц в полукристаллических полимерах, а также трудностью их равномерного диспергирования в кристаллизующихся матрицах [2]. Поэтому, все попытки направленные на изучение проблем связанных с использованием наночастиц всегда остаются в поле зрения ведущих ученых мира.

В данной работе основное внимание акцентируется на изучении влияния концентрации наночастиц технического углерода (ТУ) на адгезионные характеристики нанокompозитов на основе термопластичных полиолефинов. Интерес к этому исследованию обусловлен тем, что введение незначительного количества наночастиц ТУ в состав полиолефинов в присутствии компатибилизатора позволяет получить нанокompозиты с высокими значениями адгезионной прочности оцениваемой методом сопротивления отслаиванию металлической фольги от поверхности адгезива.

В качестве объекта исследования использовали полиэтилен низкой плотности ПЭНП, который характеризуется следующими

свойствами: разрушающее напряжение 13.1 МПа, прочность на изгиб 16.2 МПа, относительное удлинение 720%, теплостойкость по Вика 85°C, температура плавления – 101°C, степень кристалличности 59%, плотность 931 кг/м³, ПТР равен 6.9 г/10 минут при температуре 190°C и нагрузке 5.0 кг.

Компатибилизатор - функционализированный малеиновым ангидридом (МА) ПЭВП – Exxelor PO1040 (ПЭМА-2). Степень прививки МА составляет 7% масс.

Технический углерод (ТУ) марки Printex XE 2B производится в США в фирме “Orion Engineered Carbons” в виде наночастиц размером 18-20 нм и представляет собой высокоструктурированную аморфную газовую сажу.

При исследовании сопротивления отслаиванию в системе адгезив-субстрат испытание осуществляли таким образом, чтобы толщина пластинки полимерного материала была в пределах 1.6-1.8 мм. В качестве субстрата использовали медную и алюминиевую фольгу с рифленой поверхностью. Испытание проводили на разрывной машине, предназначенной для испытания пластмасс на прочность при растяжении. Для этого приспособление для испытания устанавливали в нижнем зажиме испытательной машины, свободный конец фольги закрепляли в верхнем зажиме. В процессе перемещения подвижной траверсы фольгу вытягивали с поверхности полимерной пластинки с постоянной скоростью 100 мм/мин. Нагрузку фиксировали на участке образца длиной не менее 115 мм.

Совершенно очевидно, что как и большинство наполнителей ТУ также не обладает достаточно хорошей технологической совместимостью с полиолефинами [3]. В связи с этим, в качестве совместителя или компатибилизатора нами были использованы малеинизированные сополимеры ПЭВП – ПЭМА-2. В задачу исследования входило не только добиться повышения полярности полимерной матрицы, но и обеспечение равномерного диспергирования наночастиц наполнителя в объеме полимерной матрицы. Последнее достигалось за счет интенсивного перемешивания на горячих вальцах.

Следует отметить, что одним из эффективных приемов регулирования адгезионной прочности является повышение полярности полимерной матрицы за счет введения в ее состав ПЭМА-2. В этом случае представляется возможным значительно снизить остаточные напряжения в зоне контакта адгезив-субстрат, улучшить смачивание полимерного связующего с наночастицами ТУ и поверхностью субстрата (алюминиевой фольги).

На рис.1 приводятся результаты исследования влияния концентрации ТУ на величину сопротивления отслаиванию.

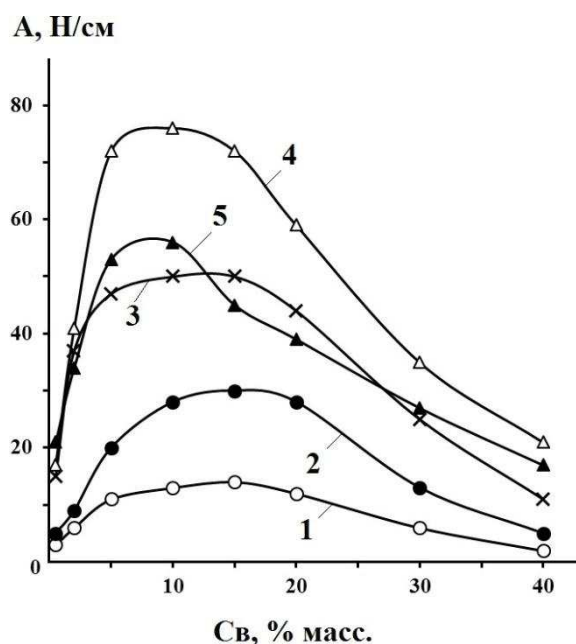


Рис.1. Влияние концентрации наночастиц ТУ на сопротивление отслаиванию нанокомпозитов на основе ПЭНП (1), ПЭНП+ПЭМА-2 (2), ПЭМА-2 (3), ПЭНП+ПЭМА-2+5.0%масс.Ал (4), ПЭНП+ПЭМА-2+5.0%масс.Си (5) от поверхности алюминиевой фольги.

Анализируя эти кривые можно заметить, что введение ПЭМА-2 и ТУ в состав ПЭНП (кривая-2) приводит к существенному улучшению сопротивления отслаиванию нанокомпозитов. Обусловлено это тем, что введение ПЭМА-2 в состав ПЭНП способствует повышению ее полярности, которая, как известно, приводит к закономерному улучшению адгезионной прочности. Из сопоставительного анализа кривых на этом рисунке можно заметить, что все они проходит через максимум в пределах 5.0-15%масс. содержания ТУ. Появление максимума на кривых свидетельствует о том, что в зоне адгезионного контакта, помимо полярности адгезива, существенную роль начинает приобретать эффект структурообразования, инициированный частицами ТУ. Наночастицы ТУ легко проникают в пустоты в микрорельефной рифленой поверхности алюминиевой или медной фольги, способствуя, тем самым, формированию мелкосферлитной надмолекулярной структуры вязкость его расплава.

Следует обратить внимание и на тот факт, что при введении ТУ непосредственно в состав компатибилизатора – ПЭМА-2 (кривая-3) наблюдается резкий скачок в возрастании величины сопротивления отслаиванию. Обусловлено это тем, что ПЭМА характеризуется относительно большим содержанием полярных групп, способствующих заметному росту сопротивления отслаиванию. Таким образом, при анализе адгезионных свойств нанокompозитов полярность адгезива и микрореологические процессы, имеющие место в зоне контакта адгезив-субстрат, играют основополагающую роль в изменении величины сопротивления отслаиванию.

Согласно данным представленным на рис.1, дополнительно в состав функционализированного нанокompозита ПЭНП+ПЭМА-2+5.0%масс.ТУ вводится 5.0%масс.Ал (кривая-4) и 5.0%масс.медь (кривая-5). Анализируя эти кривые можно установить, что введение металла приводит к заметному возрастанию сопротивления отслаиванию от поверхности алюминиевой фольги. Особенно отчетливо это проявляется на образцах, содержащих 5.0%масс. наночастиц Ал (кривая-4). Установлено, что, если в качестве субстрата и металлического наполнителя используется один и тот же металл, то тогда прочность адгезионных сил в зоне контакта существенно возрастает. Иными словами, когда есть сродство между компонентом смеси и поверхностью металлической фольги, то это в обязательном порядке сказывается на резком возрастании сопротивления отслаиванию. Подтверждением сказанному являются результаты исследования величины этого показателя в нанокompозитах, где в качестве металлического наполнителя используются наночастицы меди (кривая-5). Сопоставляя данные, приведенные на этой кривой можно установить, что медьсодержащие нанокompозиты характеризуются сравнительно низкими значениями сопротивления отслаиванию от поверхности алюминиевой фольги.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Д. Нвабумбы, Т. Кю. Композиты на основе полиолефинов. СПб: ИЛ. «Научные основы и технологии». –2014. –744с.
2. Берлин А.А., Басин В.Е. Основы адгезии полимеров. М.: Химия, –1974. –392 С.
3. Козлов, Г.В. Перенос механического напряжения от полимерной матрицы к нанонаполнителю в дисперсно-наполненных нанокompозитах / Г.В. Козлов, И.В. Долбин // Материаловедение. –2018. –№8. –С. 23-27.