

## **ВЛИЯНИЕ ЦИНКА И ЕГО СОЕДИНЕНИЙ НА ТЕРМООКИСЛИТЕЛЬНУЮ СТОЙКОСТЬ ПОЛИЭТИЛЕНА, СОДЕРЖАЩЕГО ФЕНОЛЬНЫЙ АНТИОКСИДАНТ**

**Шаховская О. В., Воробьева Е.В**

Учреждение образования «Гомельский Государственный университет им. Франциска Скорины», г. Гомель, Республика Беларусь, [s.o.v.94@mail.ru](mailto:s.o.v.94@mail.ru)  
Научный руководитель – Воробьева Е. В., к.х.н., доцент.

*This paper studies the effect of zinc on thermo-oxidative endurance of a polyethylene film inhibited by a phenolic antioxidant. The research is done for the components that mutually reinforce each other's action and achieve synergistic effects. This is necessary to maintain and preserve properties of the polymer at a level required for operation.*

Увеличение эксплуатационного периода полимерных материалов является важнейшим фактором в ресурсосбережении страны. Одним из методов продления срока годности полимерного изделия является введение антиокислительных добавок. Полиэтилен в условиях контакта с воздушной кислородсодержащей средой подвержен процессам окисления. Если при этом в состав его композиции входят соединения металлов, то происходят существенные изменения в ходе окислительных превращений в полимере. В работах [1-4] отмечалось, что ингибирующее действие антиоксидантов в полимере отличается от такового в металлополимерных системах, причем ингибирующая способность антиоксиданта может, как снижаться, так и повышаться. С точки зрения ресурсосбережения материалов важен поиск компонентов металлополимерных систем, взаимно усиливающих стабилизирующие свойства (синергические эффекты). Целью данной работы являлось исследование воздействия цинка на термоокислительную выносливость полиэтиленовой пленки, ингибированной фенольным антиоксидантом.

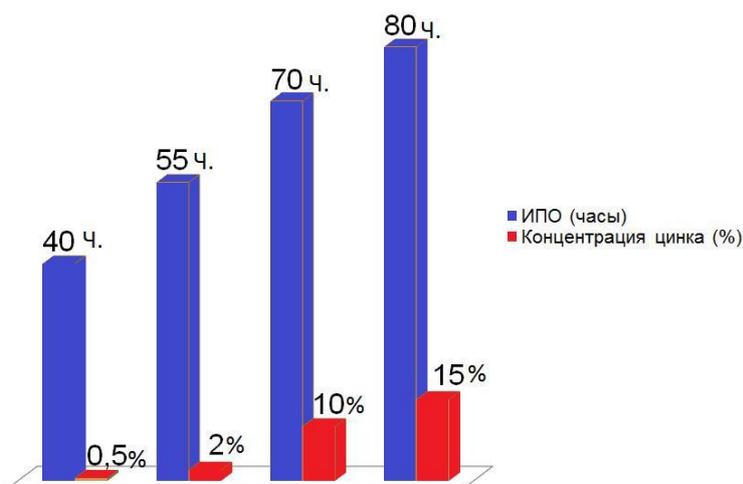
Были подготовлены полимерные композиции на основе полиэтилена низкого давления ГОСТ 16338-85, включающие фенольный антиоксидант ирганокс 1010(4-окси-3,5-ди-трет-бутилпропионовой кислоты пентаэритритовый эфир), дисперсный металлический цинк. Изготовление образцов осуществлялось с помощью метода термического прессования, затем образцы подвергались термическим испытаниям при температуре 150 °С. При этом пленки проходили проверку структуры с помощью метода ИК-спектроскопии (Vertex 70, фирма Brüker). Термостабильность изготовленных пленок определяли по продолжительности индукционного периода окисления (ИПО) полимера определяли по кинетическим зависимостям показателя экстинкции, принимая за продолжительность ИПО время, необходимое для достижения в пленке коэффициента экстинкции (K) полосы 1720 см<sup>-1</sup> равного 3-4 %.

Контрольные полиэтиленовые пленки, содержащие только фенольный антиоксидант в количестве 0,1% масс., имели продолжительность ИПО 31 час (таблица 1). Если же в состав композиции ввести дополнительно 0,5% цинка в виде бензоата или стеарата, то ИПО существенно сокращался до 2,5 часов (таблица 1). Такое резкое сокращение ИПО можно объяснить тем, что ионы цинка проявляют каталитические свойства в процессе окисления полиэтилена [5].

**Таблица 1** – Продолжительность ИПО образцов полиэтиленовых пленок толщиной 100 мкм окисленных при температуре 150 °С на инертной подложке

Компоненты металлополимерной композиции	ИПО, час
ПЭ + 0,1% ирганокс 1010	31
ПЭ + 0,1% ирганокс 1010 + бензоат цинка	3
ПЭ + 0,1% ирганокс 1010 + стеарат цинка	2,5

В то же время, если к исходной композиции добавить дисперсный цинк, то продолжительность ИПО образцов значительно возрастает. Причем экспериментально показано, что с ростом концентрации цинка увеличивается ИПО образцов (рисунок 1). Так при концентрации дисперсного цинка 15% ИПО образцов увеличивается до 80 часов.



**Рисунок 1** – ИПО композиций и содержание металла в композициях ПЭ+0,1% ирганокса 1010+дисперсный цинк

Таким образом, в работе было экспериментально изучено воздействие цинка и его солей на термоокислительную стойкость полиэтиленовой пленки, ингибированной фенольным антиоксидантом. Показано, что взаимодействие с металлическим дисперсным цинком полиэтилена, ингибированного фенольным антиоксидантом, приводит к росту термоокислительной выносливости полимера. Солевые соединения цинка, напротив, существенно снижают термоокислительную стойкость полиэтилена, ингибированного ирганоксом 1010.

#### Список использованных источников

1. Кирюшкин С.Г., Ковалев И.Б., Панченков Г.М., Чеботаревский А.Э., Шляпников Ю.А. Подбор антиоксидантов для системы полимер+металл // Пластические массы. – 1982. – №5. – С. 55-56.

2. Lin, D.G. Performance of a Phenolic Antioxidant Introduced by Different Procedures into Polyethylene Containing Dispersed Fillers / D.G. Lin and E.V. Vorob'eva // Russian Journal of Applied Chemistry.– 2013.– Vol. 86, Issue 1.– P. 82-86.

3. Lin, D.G. On Increasing the Inhibiting Property of Amine Antioxidant in Contact with Copper and Its Compounds / D.G. Lin, E.V. Vorobyova // Journal of Applied Polymer Science.– 2010.– Vol. 118, №5, Issue 3.– P. 1430–1435.

4. Лин, Д.Г. Изменение эффективности фенольного антиоксиданта при окислении полиэтилена в условиях контакта с оксидами металлов / Д.Г. Лин, Е.В. Воробьева // Материалы, технологии, инструменты.– 2010.– Т.15, №4, – С. 94-99.

5. Каталитические свойства веществ: Справочник / Под общ. ред. В.А. Ройтера.– Киев: Наукова думка, 1968.– 1462 с.

УДК 621

## ТРЕНИЕ КАК ИСТОЧНИК ТЕПЛОТЫ

### Шитик С.В.

Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», г. Брест, Республика Беларусь  
Научный руководитель – Новосельцев В.Г., к.т.н., доцент.

*The article considers a frictional force as a source of low-potential energy. It also outlines the laws describing release of heat from frictional force. Some special aspects of this energy conversion are highlighted. Formulas are given. As an example, some possible versions of this effect in reality are shown in the form of small converters.*

Всем известно, что при любом механическом движении возникает трение и выделяется теплота. Сам факт выделения теплоты при трении был известен людям с незапамятных времен, но корректного объяснения этого явления нет и до сих пор [1].

Из основ физики известно, что энергия может преобразовываться из одной формы в другую и такие преобразования постоянно происходят в природе и технике. Более ста лет назад Джеймс Прескотт Джоуль с помощью калориметра доказал превращение механической энергии в тепловую. В его приборе опускающиеся и поднимающиеся грузы вращали вал с лопастями в заполненном водой калориметре. В результате проделанной работы вода нагревалась. Для измерения температуры Джоуль изготовил специальный термометр, который позволил ему провести точные измерения и определить эквивалент калории теплоты, она оказалась равной 4,186 Дж механической