

Рисунок 2 – 1а) Fe_2O_3 (эксп); 1б) Fe_2O_3 (табл); 2а) NiO (эксп); 2б) NiO (табл)

Термическое разложение оксалатов металлов в атмосфере воздуха приводит к образованию оксидов соответствующих металлов с диаметром частиц в диапазоне 1-5 нм.

Оксиды меди, кобальта, никеля и железа при нагревании легко восстанавливаются метаном и природным газом, поэтому изучаемые оксиды являются перспективными материалами для создания катализаторов дегидрирования углеводородов, сорбентов и сенсоров.

Список литературы

1. Ивановская М. И. Структура и газочувствительные свойства нанокompозита $\text{SnO}_2\text{-Fe}_2\text{O}_3$ // Перспективные материалы – 2004. – №3. – С. 234 – 241.
2. Гайдук Ю. С. Влияние добавки Fe_2O_3 на газочувствительные свойства оксидной композиции $\text{In}_2\text{O}_3\text{-Ga}_2\text{O}_3$ // Химическая технология – 2007. – №5. – С. 121-125.
3. Пивоваров Д. А. Влияние ультразвуковой обработки оксалатов меди, никеля и кобальта на их структуру и термическую устойчивость // Фундаментальные исследования – 2013. – №1. – С. 731 – 735.

ВЛИЯНИЕ ФУНКЦИОНАЛИЗАЦИИ СТЕКЛОВОЛОКОН ОБРАБОТКОЙ СИЛАНСОДЕРЖАЩИМ МОДИФИКАТОРОМ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ И ТРИБОТЕХНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИТОВ СВЕРХВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНОГО ПОЛИЭТИЛЕНА

С.В. ПАНИН^{1,2}, ХУАН ЦИТАО¹, Л.А. КОРНИЕНКО², В.О. АЛЕКСЕНКО^{1,2}, Л.Р. ИВАНОВА²

¹Национальный исследовательский Томский политехнический университет

²Институт физики прочности и материаловедения СО РАН

E-mail: svp@ispms.tsc.ru

Сверхвысокомолекулярный полиэтилен (СВМПЭ) обладает повышенными характеристиками ряда механических и функциональных свойств, в частности высоким сопротивлением изнашиванию, низким коэффициентом трения, устойчивостью к воздействию кислот и щелочей, ультрафиолетового и гамма-излучения и микроорганизмов [1]. Поэтому СВМПЭ широко применяется в машиностроении и медицине. Однако широкое промышленное внедрение СВМПЭ сдерживается его низкими механическими характеристиками. [2] Одним из путей решения указанной проблемы является введение волокнистых наполнителей различного класса.

Стекловолокно обладает высокой прочностью и жесткостью, хорошей теплопроводностью и широко используется в качестве наполнителя для полимерных

композиционных материалов, прежде всего для повышения механических свойств [3]. Однако в случае СВМПЭ неполярность матрицы (плохая совместимость стекловолокон и термопластичной матрицы) обуславливают низкую межфазную адгезию [4]. Обработка стекловолокон с помощью силансодержащего модификатора способна улучшать совместимость и адгезию между ними, приводя к повышению механических и триботехических свойства СВМПЭ-композитов [5].

В работе использовали порошки СВМПЭ фирмы Ticona (GUR-2122) молекулярной массой 4,0 млн, рубленые стекловолокна (PCB) длиной 2 миллиметра, силансодержащий модификатор (KH550) 3-аминопропилтриэтоксисилан (химическая форма $\text{NH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_3$). Для удаления замазливателя с поверхности стекловолокон проводили их отжиг на воздухе при температуре 300 °С.

Для модифицирования поверхности наполнителей использовали силансодержащий реагент KH550 (ООО Дунгуань, ДинХай пластик-химическая технологическая компания, Китай). Функционализацию наполнителя осуществляли их обработкой в водно-этанольных ($\text{pH} = 4,5 \dots 5,5$) растворах модификатора KH550 при комнатной температуре при непрерывном перемешивании в течение 5 мин. Содержание реагента KH550 составляло 1 % от массы наполнителя (0,1 вес.% от общей массы). Затем суспензию, содержащую отожжённые стекловолокна, высушивали в тепловом шкафу при температуре 100 °С.

Объемные образцы композитов получали горячим прессованием на прессе МС-500 в пресс-форме, обогреваемой кольцевой разъемной печью с цифровым управлением, при давлении 10 МПа и температуре 200° С со скоростью последующего охлаждения 3-4°С/мин.

Износостойкость образцов в режиме сухого трения определяли по схеме «вал-колотка» при нагрузках на образец размером $15,8 \times 6,4 \times 10,0 \text{ мм}^3$ $P=60$ и 140 Н и скоростях скольжения $V=0,3$ и 0,5 м/с на машине трения 2070 CMT-1 (ASTM G99/DIN 50324). Диаметр контртела из стали ШХ15, составлял 35 мм. Величину износа определяли по глубине дорожки трения с помощью контактного профилометра Alpha-Step IQ (KLA-Tencor). Коэффициент трения определяли по трибометре CSEM CH 2000 (по схеме «шар-по-диску»). ИК-спектры получали на спектрометре Nicolet 5700. Структурные исследования проводили на растровом электронном микроскопе LEO EVO 50 при ускоряющем напряжении 20 кВ по поверхностям скола, полученным механическим разрушением образцов с надрезом, предварительно выдержанных в жидком азоте.

Измерение механических свойств полученных образцов, рисунок 1, таблица 1, показало, что модуль Юнга СВМПЭ с функционализированным стекловолокном повышается на 53 % по сравнению с композитом, армированным необработанным PCB. Также повышается предел текучести на 67 %. Величина объёмного износа, таблица 2, композита с 10 % функционализированных PCB уменьшается на 42% (по сравнению с введением исходного волокна), хотя коэффициент трения при этом увеличивается.

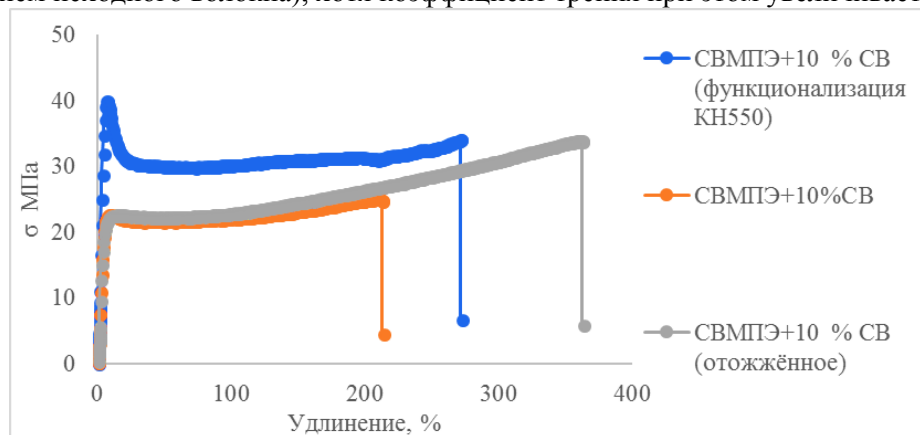


Рисунок 1 - Диаграммы растяжения композитов СВМПЭ + 10 вес.% стекловолокон

Таблица 1- Механический свойства композита «СВМПЭ+10 вес. % стекловолокон»

Содержание наполнителя, вес. %	Твердость по Шору <i>D</i>	Модуль Е, МПа	Предел текуч. $\sigma_{0,2}$, МПа	Предел прочн. σ_B , МПа	Удлинение ϵ , %
СВМПЭ+10 % СВ	58.0±0,5	957±82	23,7±1,5	24,9±1,3	198±23
СВМПЭ+10 % СВ (отожженое)	58.8±0,5	1038±17	22,8±1,2	34,2±0,6	363±22
СВМПЭ+10 % СВ (функционализация KH550)	61,4±0,5	1463±95	40±3	33.9±3,7	263±32

Таблица 2- Триботехнические свойства композитов «СВМПЭ+10 вес. %стекловолокон»

№	композит	Коэффициент трения	Объёмный износ, мм ³
0	СВМПЭ	0,1	0,137
1	СВМПЭ+10 % СВ	0.057	0.101
2	СВМПЭ+10 % СВ (отожжѐнное)	0.066	0.121
3	СВМПЭ+10 % СВ (функционализация KH550)	0.079	0.071

Таким образом, показано, что использованный способ функционализации стекловолокон улучшает адгезию к матрице СВМПЭ. Это позволяет повышать как механические свойства, так и износостойкости полимерных композитов, армированных рубленными стекловолокнами.

Список литературы

1. D.I. Chukov, A.A. Stepashkin, M.V. Gorshenkov, V.V. Tcherdyntsev and S.D. Kaloshkin, Surface modification of carbon fibers and its effect on the fiber–matrix interaction of UHMWPE based composites, *Journal of Alloys & Compounds*, 586, S459 (2014).
2. https://ru.wikipedia.org/wiki/Сверхвысокомолекулярный_полиэтилен_высокой_плотности.
3. Mimaroglu A, Unal H, Arda T. Friction and wear performance of pure and glass fibre reinforced polyether-imide on polymer and steel counterface materials [J]. *Wear*, 2007, 262(11-12): 1 407-1 413.
4. Rowcna C, Marcella R, Marco N, *et al.* Friction, lubrication, and polymer transfer between UHMWPE and CoCrMo hip-implant materials: A fluorescence microscopy study [J]. *Journal of Biomedical Materials Research Part A*, 2009, 89A(4): 1 011- 1 018.
5. Park S J, Jin J S. Effect of silane coupling agent on interphase and performance of glass filers/unsaturated polyester composites [J]. *Journal of Colloid and Interface Science*, 2001, 242 (1): 174-179.