

6. Металлополимерные нанокompозиты (получение, свойства, применение) В.М. Бузник, В.М. Фомин, А.П. Алхимов и др. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2005. – 260 с.
7. Струк, В.А. Способ изготовления изделия из композиционного материала на основе высоковязкого полимера (варианты) / В.А. Струк, Г.А. Костюкович, В.И. Кравченко и др. Патент Республики Беларусь на изобретение № 9396, 2007.
8. Полимер-силикатные машиностроительные материалы: физико-химия, технология, применение. / С.В. Авдейчик и [др.] под ред. В.А. Струка, В.Я. Щербы. – Минск: Тэхналогія, 2007. – 431 с.
9. Авдейчик, С.В. Трибохимические технологии функциональных композиционных материалов: ч. 1, ч. 2. / С.В. Авдейчик и [др.] под ред. В.А. Струка, Ф.Г. Ловшенко. – Гродно: ГГАУ, 2007, 2008. – 320 с., – 395 с.

УДК 541.12+669.295.691.5

ТЕХНОЛОГИЯ ТРИБОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ АВТОТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКИ

Струк В.А., Балейко А.В., Воропаев В.В., Андрикевич В.В.

Рассмотрена технология изготовления изделий из композиционных материалов на основе политетрафторэтилена методом спекания. Показана эффективность применения оптимизированных циклов для получения заготовок с повышенными показателями триботехнических характеристик для узлов трения автотракторной техники.

Введение

Фторопласты относятся к числу наиболее распространенных полимерных материалов, используемых для изготовления герметизирующих и триботехнических изделий для статических и подвижных соединений с повышенными техническими требованиями [1-3]. При этом в зависимости от условий эксплуатации, требуемого ресурса, параметров безопасности могут быть использованы изделия, как из базовых полимеров, в частности, политетрафторэтилена (ПТФЭ), так и из композиций на их основе, содержащие волокнистые и дисперсные наполнители, модификаторы и функциональные добавки различного состава, технологии получения и размеров [1-3].

Наиболее распространены в машиностроении, в т. ч. при производстве компрессорной и вакуумной техники, изделия из композитов (КМ), в составе которых присутствуют короткие фрагменты стеклянных, углеродных, арамидных, базальтовых волокон, порошки графита, в т. ч. термически расщепленного (ТРГ), углеграфитовых наночастиц детонационного синтеза (УДАГ, УДАВ), фторированной сажи (ФС), фуллеренов (ФЛ), углеродных нанотрубок (УН), порошков металлов, оксидов, керамик и др. соединений металлов и неметаллов, природных и синтетических углеродных и кремнийсодержащих соединений - кокса, слюд, глин, цеолитов, трепела [1-6].

Специфические особенности ПТФЭ и его композитов создали предпосылки применения специальных технологий изделий, основанных на формировании уплотненного полуфабриката дискретным (прессованием) или непрерывным (экструзией) методами с последующей его монолитизацией при температурах, превышающих температуру плавления кристаллической фазы, в течение длительной экспозиции на воздухе, в защитной среде или оправках [1, 3, 9]. Повышенные температуры монолитизации (350-370°C) и продолжительность этого процесса приводят к образованию низкомолекулярных фторсодержащих соединений, оказывающих негативное воздействие на персонал, технологическое оборудование и окружающую среду, а также к интенсивной деструкции наполнителей, например, коротких фрагментов углеродных волокон, в поверхностных слоях изделий (заготовок) [1].

В связи с низким уровнем адгезионного взаимодействия фазы ПТФЭ с практически любыми твердофазными частицами, недостаточным «растеканием» граничного слоя матрицы на поверхности наполнителя в большинстве композиционных материалов не удается сохранить исходные показатели деформационно-прочностных характеристик связующего, прежде всего, показателей прочности при растяжении (σ_p) и ударной вязкости (УУВ) [1-3, 5, 7, 8]. Например, даже у наиболее эффективных КМ на основе ПТФЭ – Флубона, Флубона-ЛО, их аналога Флувиса, согласно рекламной и нормативной документации показатель σ_p не превышает значений 14 – 17 МПа, тогда как у исходного ПТФЭ он превышает величину 22 МПа [1, 3, 7, 8]. Поэтому основные усилия специалистов в области функционального материаловедения фторкомпозитов сосредоточены на разработке эффективных, технологически простых и практически доступных методов увеличения адгезионного взаимодействия компонентов на границе раздела «матрица ПТФЭ – функциональный наполнитель».

Характерной особенностью изделий из композитов, сформированных по различным технологиям, является повышенный коэффициент трения по металлическому контртелу, достигающий 0,18-0,22, и их заметное абразивное изнашивание, особенно при эксплуатации без подвода внешней смазки [1-3, 5-8]. В значительной степени это обусловлено низкой устойчивостью разделительных слоев на поверхностях деталей трения, сформированных из продуктов диспергирования полимерной матрицы и компонентов материала [1-3, 5-7]. Анализ литературных источников, посвященных проблемам формирования и применения композитов на основе ПТФЭ [1, 3, 5-8, 10], и наши исследования [3, 9, 11] свидетельствуют о необходимости разработки новых методологических подходов, учитывающих специфические особенности матрицы, обуславливающие технологию функциональных материалов с повышенными потребительскими характеристиками.

Цель настоящей работы состояла в оценке возможности повышения эффективности технологических процессов, применяемых в настоящее время, в технологии композитов на основе ПТФЭ.

Материалы и методика исследований

Для проведения исследований использовали промышленно выпускаемый полимерный материал – политетрафторэтилен марки Ф-4 с размером частиц не более 150 мкм (ГОСТ 1007-80, Россия) в состоянии промышленной поставки. Для модифицирования полимерной матрицы использовали утлеграфитовое волокно «Вискум» различных марок (ОАО «Светлогорское Химволокно»).

Композиционные материалы получали и перерабатывали в изделия по традиционной технологии, включающей операции смешивания, холодного прессования заготовок с последующим спеканием (монокристаллизацией) при температурах 350-370 °С с использованием специализированного технологического оборудования, рекомендованного в [1, 7, 8], разработчиком композиционных материалов серии «Флубон» и их аналогов «Флувис», «Флубон-ЛО». Для оценки влияния контактных реакций на процессы формирования и фрикционного взаимодействия фторкомпозитов использовали специальную технологическую оснастку и операции активации компонентов в быстроходном и тихоходном смесителях [1-3, 9]. Зарядовое состояние модификаторов оценивали по спектрам термостимулированных токов (ТСТ) при нагревании образца между изолированными электродами. Триботехнические характеристики фторсодержащих материалов и покрытий определяли на машине трения по схемам испытаний «вал-частичный вкладыш» и «палец-диск». В качестве контртела использовали ролик и диск из стали 45, подвергнутый закалке, с чистотой поверхности $R_a < 1,2$ мкм. Фрикционные испытания проводили в диапазоне скоростей 0,1-1,0 м/с при нагрузках 0,1-10 МПа. Физико-механические, адгезионные и деформационно-прочностные характеристики композитов оценивали по методикам, рекомендованным в нормативной документации на материалы «Флубон-10», «Флувис» [7, 8]. Для проведения сравнительного анализа фторкомпозитов, получен-

ных по различным технологиям, использовали промышленные полуфабрикаты в виде цилиндрических заготовок из материалов «Флубон-ЛО» и «Флувис-20», выпускаемых на ОАО «Гродненский механический завод» и ОАО «ГродноАзот» и согласно [7, 8].

Результаты исследований и обсуждение

К числу наиболее эффективных методов повышения показателей служебных характеристик композиционных материалов различного состава относятся механохимические (трибохимические), которые основаны на управляемом взаимодействии компонентов в процессах измельчения, смешивания, переработки и эксплуатации [2, 3, 4]. Выбор конкретного метода реализации контактных реакций определяется составом композита, требуемыми показателями физико-механических и триботехнических характеристик, а также типом используемого оборудования. Достижимый комплексный эффект модифицирования в сочетании с относительной простотой и доступностью технологического оборудования для осуществления активирующего воздействия на компоненты различной природы и состава обуславливают широкое распространение механохимических технологий в функциональном материаловедении.

Очевидно, что направленное использование механохимических взаимодействий на разных стадиях получения композитов и эксплуатации изделий из них, относится к числу наиболее перспективных методов создания малоизнашивающихся трибосистем с применением композитов на полимерных матрицах, в т. ч. политетрафторэтилена.

В технологии композитов на основе ПТФЭ необходимо подчеркнуть возможность инверсии некоторых особенностей структуры полимерной матрицы, неблагоприятно влияющих на показатели износостойкости, технологичности, прочности, в положительный фактор увеличения служебных показателей. К числу таких особенностей необходимо отнести возможность разрушения или передеформирования граничных слоев матрицы ПТФЭ под действием тангенциальных нагрузок с образованием дисперсных фрагментов с большим числом макро-радикальных продуктов. Поэтому один из путей повышения показателей триботехнических и технологических характеристик ПТФЭ-композитов, может быть реализован при направленном использовании процессов механо- (трибо-)крекинга матричного компонента или модификаторов на различных стадиях процесса формирования материалов и изделий.

Разработан способ формирования изделий (полуфабрикатов) из фторкомпозитов, сущность которого состоит в активации контактных процессов в граничных слоях системы «ПТФЭ-матрица-наполнитель» путем использования различия показателей теплофизических характеристик компонентов [9]. Согласно этому способу обеспечивается эффект комплексного повышения прочностных и триботехнических характеристик. Например, показатель разрушающего напряжения при растяжении σ_p композита на основе ПТФЭ, содержащего 20 мас.% углеволокна, при переработке по разработанной технологии, достигает значения 22-35 МПа при аналогичном показателе $\sigma_p = 17$ МПа для изделия, сформированного по традиционному процессу [7-9]. Эффект упрочнения, вероятно, обусловлен суммарным действием нормальных и тангенциальных напряжений на границе раздела «матрица-наполнитель», приводящим к взаимодействию макро-радикальных продуктов с активными центрами наполнителя и снижению дефектности граничного слоя вследствие заполнения микронеровностей поверхности частиц модификатора из-за механохимического пластифицирования.

Современные технологии формирования изделий из фторкомпозитов представляют собой многостадийный процесс, включающий стадии сушки (150°C) τ_1 , предварительной термообработки (325°C) τ_2 , монолитизации (367°C) τ_3 , высокотемпературного отжига (312°C) τ_4 , низкотемпературного отжига (150°C) τ_5 .

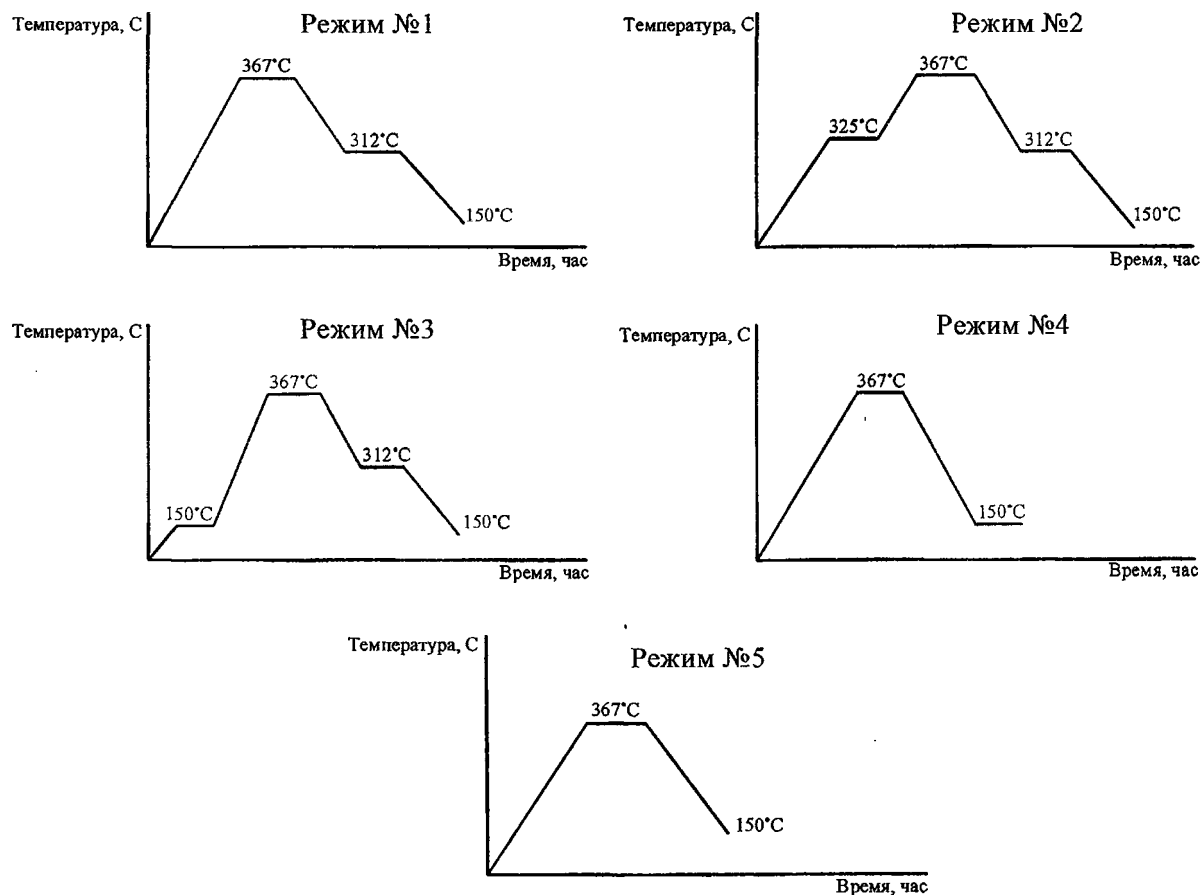


Рисунок 1. Технологические схемы формирования образцов из материала типа «Флубон» по оптимизированному циклу

Для оценки влияния параметров формирования на характеристики изделий из фторкомполита «Флубон-20» изготовили модельные образцы при различных технологических схемах (рис.1).

Результаты испытаний физико-механических (показатель σ_p) и триботехнических (показатель $I \times 10^7$) характеристик представлены на рис. 2, 3.

Анализ приведенных данных свидетельствует о существенном повышении показателя σ_p (с 15,0 МПа до 35-44 МПа) и увеличении износостойкости $I \times 10^7$ (с 3,5 до 0,4). Наиболее оптимальным вариантом формирования образцов являются процессы 3 и 5, характеризующиеся сокращенным циклом по сравнению с традиционным (рис. 1 в, д). При этом необходимо подчеркнуть, что все композиты, сформированные по разработанной технологии, существенно превосходят по служебным характеристикам отечественные и зарубежные аналоги – фторкомполиты марки «Флубон-ЛО» («Флувис-20») Ф4К20, Ф4К15М15, Ф4Г15 [2, 3, 7, 8].

Полученные экспериментальные результаты свидетельствуют об определяющей роли контактных процессов на границе раздела «матрица-наполнитель» в механизме монолитизации композитов, формируемых по различным технологическим схемам. Важной особенностью разработанной технологии является возможность достижения высоких показателей служебных характеристик композитов при использовании компонентов без дополнительной модифицирующей обработки – плазмохимической [4, 10], растворной [3, 11], механоактивирующей [2, 5]. Оценка экономических аспектов реализации разработанной технологии свидетельствует о целесообразности ее практического применения на специализированных предприятиях по производству фторкомполитов.

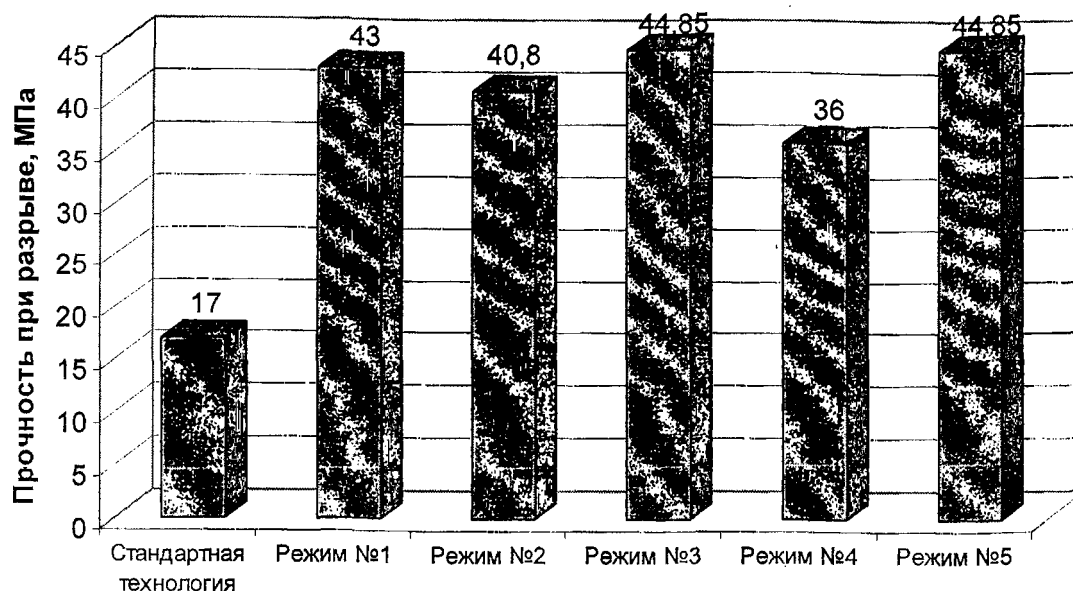


Рисунок 2. Физико-механические характеристики композитов типа «Флубон», сформированных по различным технологическим режимам

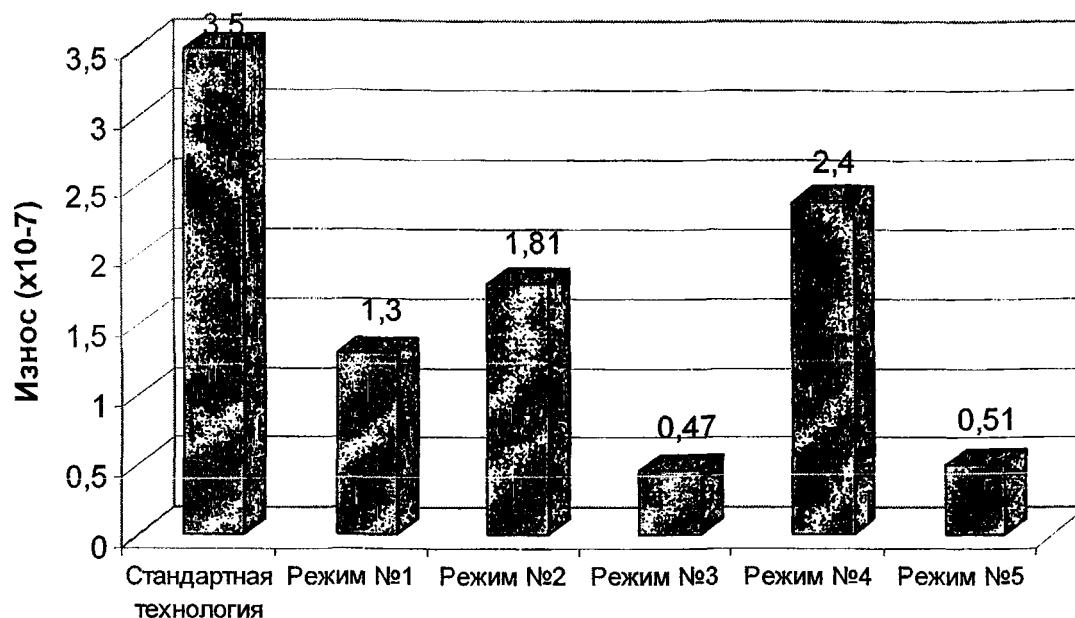


Рисунок 3. Износостойкость композитов типа «Флубон», сформированных по различным технологическим режимам

Разработанная технология формования триботехнических и герметизирующих изделий из фторкомпозитов реализована на ОАО «Гродненский механический завод» в соответствии с нормативной документацией и защищена серией патентов на изобретения.

Заключение

Разработана технология формирования изделий из композиционных материалов на основе политетрафторэтилена по сокращенному технологическому процессу, обеспечивающая повышение показателей физико-механических и триботехнических характеристик.

Литература

1. Сиренко, Т.А. Антифрикционные карбопластики. - К.: Техніка, 1985. - 195 с.
2. Охлопкова, А.А. Физико-химические принципы создания триботехнических материалов на основе полимеров и ультрадисперсных керамик: Дисс. ... д-ра техн. наук. Якутск, 2000. - 269 с.
3. Горбачевич, Г.Н. Структура и технология углеродных герметизирующих материалов для статических и подвижных уплотнений: Дисс. ... канд. техн. наук. Гродно, 2002. - 138 с.
4. Серафимович, В.В. Влияние плазмохимической обработки углеродных волокон в среде фторорганических газов на их физико-механические свойства, / Поликомтриб-2007. Тезисы докл. межд. научно-техн. конф. – Гомель: ИММС НАН Б, 2007. - с. 186-187.
5. Петрова, П.Н. Разработка машиностроительных триботехнических материалов на основе политетрафторэтилена и природных цеолитов Якутских месторождений. Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. Якутск, 2001.- 18 с.
6. Свойства ПТФЭ, модифицированного терморасширенным графитом / А.А. Охлопкова, С.А. Слепцова, Н.П. Петрова, Т.С. Стручкова // Материалы, технологии, инструменты. Т. 12 (2007), №3. с. 38-41.
7. ТУ РБ0353279:071-99. Заготовки из фторопластовой композиции «Флувис».
8. ТУ РБ00203832.090-99. Заготовки из фторпластовой композиции «Флубон».
9. Струк, В.А. Способ изготовления изделия из композиционного материала на основе высоковязкого полимера (варианты) / В.А. Струк, Г.А. Костюкович, В.И. Кравченко и др. Патент Республики Беларусь на изобретение № 9396, 2007.
10. Гракович, П.Н. Новые материалы суперфлувис и форпласт / С.А. Хатилов и др. // Поликомтриб-2007. Тезисы докладов международной научно-технической конференции. – Гомель: ИММС НАН Б, 2007. –с. 27.
11. Полимер-силикатные машиностроительные материалы: физико-химия, технология, применение. / СВ. Авдейчик и [др.] под ред. В.А. Струка, В. Я Щербы. – Минск: Техналогія, 2007. – 431 с.

УДК 629.366.016.8

О ПРОБЛЕМЕ ШУМА ТРАКТОРОВ «БЕЛАРУС»

Шабуня Н.Г., (БГАТУ), Гателюк С.А., Голод С.В. (РУП Минский тракторный завод)

Приводятся результаты исследований источников повышенного шума на тракторах, разработаны рекомендации по уменьшению уровня звука на рабочем месте, выполнены работы по изготовлению экспериментальных конструкций, уменьшающих шум в кабине, показано что тракторы «Беларус» могут иметь комфортные условия труда по шуму, сравнимые с зарубежными образцами.

Введение

На Минском тракторном заводе (РУП МТЗ) создано семейство современных, с высокими технико-экономическими показателями, различного назначения тракторов «Беларус» мощностью 40-400 л.с. Они находят сбыт во многих странах ближнего и дальнего зарубежья, в условиях жесткой конкуренции с другими фирмами.

Одной из важнейших характеристик трактора, определяющей их конкурентоспособность, потребительский спрос и зачастую и цену является уровень шума на рабочем месте водителя и внешнего шума. Эти характеристики тракторов нормируются. В Беларуси и в ряде стран ближнего зарубежья принят межгосударственный стандарт ГОСТ 12.2.019-2005, в котором уровень звука на рабочем месте оператора не должен превышать 86дБА при испытаниях под нагрузкой. Уровень внешнего шума колесных тракторов по ГОСТ Р 51920-2002 не