

УДК 620.22 : 678.743.41

*В. В. ВОРОПАЕВ, С. В. АВДЕЙЧИК, В. А. СТРУК*

## **ТЕХНОЛОГИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ВЫСОКОПРОЧНЫХ ИЗНОСОСТОЙКИХ ФТОРКОМПОЗИТОВ**

*Гродненский государственный университет имени Янки Купалы*

*(Поступила в редакцию 19.12.2013)*

**Введение.** В номенклатуре композиционных материалов различного функционального назначения особое место занимают фторкомпозиты, разработанные на основе политетрафторэтилена (ПТФЭ), модифицированного компонентами различного состава, строения, технологии получения и механизма действия [1–11]. Несмотря на существующий марочный ассортимент, обеспечивающий возможность изготовления конструкционных, герметизирующих, триботехнических и защитных элементов машин, механизмов и технологического оборудования с заданными параметрами служебных характеристик, проблема повышения параметров прочности, износостойкости далека от решения и требует разработки новых технологических подходов, учитывающих специфические особенности строения макромолекулы ПТФЭ, обуславливающие механизм физико-химических процессов в статическом и динамическом контакте компонентов материалов и металлополимерных систем.

Анализ литературных источников, посвященных исследованию физико-химических и технологических аспектов получения и переработки функциональных фторкомпозитов, а также применения изделий из них в различных областях техники, свидетельствует о сформировавшихся традиционных методологических подходах, основанных на классических представлениях полимерного материаловедения, физикохимии и технологии пластических масс [1–3]. Суть этих подходов состоит в применении методов регулирования надмолекулярной структуры матричного ПТФЭ путем введения дисперсных модификаторов и фазовой структуры – использованием волокнистых фрагментов органических и неорганических волокон (стеклянных, оксалонных, базальтовых, углеродных) [1–3].

Для наполнения материалов на основе ПТФЭ (фторкомпозитов) разработаны эффективные приемы управления структурными параметрами на различных уровнях, которые позволили разработать и промышленно освоить марочный ассортимент, включающий несколько десятков наименований, с различными параметрами деформационно-прочностных, триботехнических и теплофизических характеристик [3, 10, 11]. При всем многообразии марок фторкомпозитов (материалы серии «Флубон», «Флувис», Ф4К20, Ф4Г10 и др.) существует общий технологический принцип их формирования и переработки в изделия, предполагающий сочетание операций смешения компонентов, холодного прессования заготовки и горячего спекания (монолитизации) по заданному режиму. Он близок к принципам, используемым в технологии порошковой металлургии, и в настоящее время доминирует в литературных, патентных и коммерческих источниках, став основой технологической парадигмы функциональных фторкомпозитов [1–3, 10, 11].

Действующая технологическая парадигма функциональных фторкомпозитов обусловила достижение определенного уровня параметров деформационно-прочностных и триботехнических характеристик, превышение которого в ее рамках не представляется возможным или сопряжено со значительными затратами материальных и энергетических ресурсов, снижающими эффективность практического применения изделий [1–3, 10, 11]. Неэффективность традиционных подходов в реализации технологии функциональных фторкомпозитов особенно ярко выражена при

создании высоконаполненных материалов, содержащих более 20 мас. % наполнителей различного состава и дисперсности, что резко сужает диапазон их практического применения в триботехнических и герметизирующих системах, эксплуатируемых при повышенных нагрузочно-скоростных и температурных условиях. Следствием этого является недостаточный ресурс эксплуатации узлов трения специальной техники и уплотнительных элементов компрессорной техники для получения сжатых и сжиженных газов [3, 6, 7]. Между тем анализ механизмов разрушения и изнашивания изделий из высоконаполненных материалов свидетельствует о неполной реализации потенциала как матричного полимера (ПТФЭ), так и модифицирующего компонента.

Цель настоящей статьи – разработка принципов совершенствования технологии машиностроительных фторкомпозитов на базе концепции многоуровневого модифицирования, предложенной в [13].

**Материалы и методы исследования.** В качестве базового связующего при получении фторкомпозитов использовали промышленно выпускаемый ПТФЭ марок Ф-4ПН, Ф-4ПН90, Ф-4ТМ, различающихся средним размером порошкообразной фракции (ОАО «ГалоПолимер», Россия). Для армирования матричного ПТФЭ использовали фрагменты углеродного волокна (УВ), полученные механическим диспергированием углеродной ленты марки ЛО-1-12Н (ОАО «СветлогорскХимволокно», Беларусь) с размером фракции не более 200 мкм. Структурное модифицирование ПТФЭ осуществляли введением в состав технического углерода (ТУ) марок П234 и П803 со средним размером единичных частиц 20 и 80 нм соответственно, а также ультрадисперсного политетрафторэтилена (УПТФЭ), представляющего собой полимер-олигомерные продукты термогазодинамического синтеза ПТФЭ, полученные согласно [6, 7]. В экспериментах использовали УПТФЭ, промышленно выпускаемый под торговой маркой «Форум» (Институт химии ДВО РАН, Россия).

Образцы для исследований деформационно-прочностных и триботехнических характеристик разработанных фторкомпозитов изготавливали в соответствии с требованиями нормативной документации на материалы типа «Флубон» (аналог «Флувис») [10, 11]. Определяли параметры деформационно-прочностных ( $\sigma_p$ ,  $\sigma_{сж}$ ,  $E_{сж}$ , НВ) и триботехнических характеристик (интенсивность изнашивания  $\mathcal{J}$ , коэффициент трения  $f$ ) по стандартным методикам или методикам, рекомендованным в [8, 9], с применением установок МР-200, ComTen 94С, Р-0,5, ХП-250, машин трения СМЦ-2, ХТИ-72. Анализ физико-химических и структурных аспектов модифицирования ПТФЭ, технологии получения и переработки фторкомпозитов, а также особенностей эксплуатации изделий из них осуществляли на основе данных ИК-спектроскопии (Tensor-27), атомной силовой (NANOTOP-III), оптической (Micro200T-01), растровой электронной (LEO1455VP) микроскопии и рентгеноструктурного анализа (ДРОН-2,0).

Образцы для исследований изготавливали по технологическим режимам, рекомендованным в [3] и по оригинальным технологиям, реализующим возможность многоуровневого модифицирования.

**Результаты и их обсуждение.** Анализ литературных источников, посвященных материаловедению и технологии фторкомпозитов [1–9], свидетельствует о том, что основными положениями традиционной технологии, составляющей парадигму, являются применение классических методов регулирования надмолекулярной структуры матричного полимера с помощью дисперсных наполнителей органической и неорганической природы и введение в ПТФЭ дисперсных фрагментов армирующих волокон при использовании операций механического смешения компонентов, холодного прессования заготовок и их монолитизации при температурах, превышающих температуру плавления связующего.

Использование различных разновидностей этой технологии, состоящих во введении высокодисперсных наполнителей (углеродсодержащих (УДА, УДАГ), кремнийсодержащих, цеолитов и т. п.), в том числе наноразмерных и механоактивированных [1, 3, 5], а также армирующих волокон (углеродных, стеклянных, базальтовых, арамидных) или их смесей [3], при сохранении традиционной последовательности операций по получению заготовок (изделий) не позволяет достичь принципиально новых эффектов повышения параметров деформационно-прочностных, теплофизических и триботехнических характеристик. Применение комплексного модификатора,

включающего высокодисперсную фракцию углеродсодержащего вещества (скрытокристаллического графита) в сочетании с дисперсными фрагментами УВ [2] при традиционной технологии формирования заготовок также не обеспечило существенного увеличения значений параметров прочности при растяжении, ударной вязкости и износостойкости. Последние определяют потенциальную возможность их применения в конструкциях машин, механизмов и технологического оборудования с повышенными требованиями к надежности гарантийного ресурса.

Сделано заключение о невозможности сохранения некоторых исходных параметров матричного полимера ПТФЭ (например,  $\sigma_p$ , удельная ударная вязкость (УУВ)) и увеличения их значений при введении наполнителей любого состава и дисперсности особенно при их повышенном содержании. Общепризнанным является структурный парадокс для фторкомпозитов, состоящий в значительном снижении значений ряда важнейших параметров ( $\sigma_p, f$ , плотности) при введении высокопрочных армирующих наполнителей (например, УВ). Предложено аналитическое выражение, позволяющее оценить проявление структурного парадокса при создании фторкомпозитов [11]:

$$\sigma_{p.k} = \sigma_{p.m} - 0,5i, \quad (1)$$

где  $\sigma_{p.k}$  – прочность при растяжении композита, МПа;  $\sigma_{p.m}$  – прочность при растяжении матричного ПТФЭ, МПа;  $i$  – содержание наполнителя, мас.%

Из выражения (1) следует, что введение в состав композита более 20 мас.% наполнителя нецелесообразно, так как наблюдается значительное снижение параметра  $\sigma_p$ , определяющего область применения изделий из него.

Подтверждением справедливости применения предложенного в [11] аналитического выражения (1) для оценки параметров служебных характеристик машиностроительных фторкомпозитов являются значения  $\sigma_p$  для наиболее эффективных марок, нашедших широкое практическое применение (Флубон-20ЛО, Флувис-20, Ф4К20), существенно уступающие параметру исходного ПТФЭ (30–36 МПа) [3, 6–11] и близкие к расчетным величинам, определенным по формуле (1) (рис. 1).

В ряде исследований анализируется влияние структуры граничных слоев на межфазном уровне матрица–наполнитель на параметры деформационно-прочностных и триботехнических характеристик фторкомпозитов, выпускаемых под маркой «Флувис» (аналог «Флубон») [9, 10]. Выдвинуто предположение об определяющем влиянии прочности связи на границе раздела на значения параметров  $\sigma_p$  и УУВ и предложен метод модифицирования УВ плазменной обработкой в среде фторсодержащих газов для увеличения адгезии на границе раздела. Подобный подход ранее предложен в [3] при использовании низкомолекулярных соединений фтора. Достигнутый эффект увеличения параметра  $\sigma_p$  при использовании как углеродных [8, 9], так и арселеновых [12] волокон не подтверждает справедливость выдвинутой гипотезы о значительном влиянии фторсоединений на поверхности армирующего наполнителя на параметры деформа-

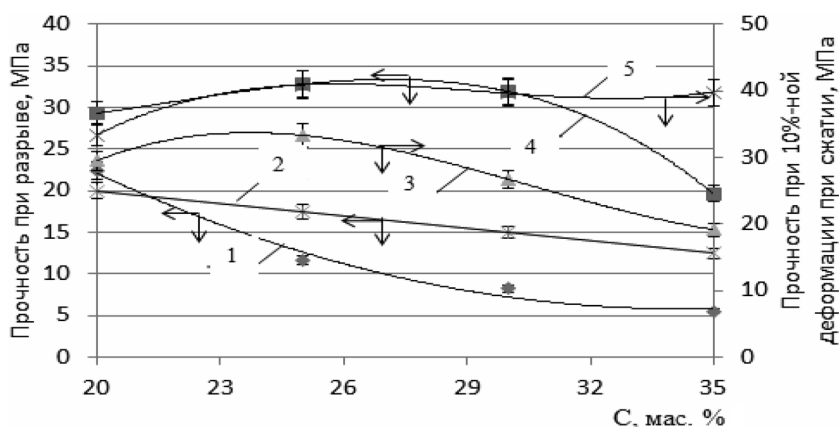


Рис. 1. Зависимость параметров  $\sigma_p$  (1, 2, 4) и  $\sigma_{сж}$  при 10%-ной деформации (3, 5) от содержания в композиции углеродного волокна (C, мас.%): 1, 3, 4, 5 – эксперимент, 2 – расчет [11]

ционно-прочностных характеристик композитов на основе ПТФЭ. Так, параметр  $\sigma_p$  для материалов типа «Флубон-ЛО», «Флувис», «Суперфлувис» не превышает значений, оговоренных нормативной документацией [8, 9], равных соответственно 9, 17 и 27 МПа, что существенно уступает величине параметра  $\sigma_p$  для базового ПТФЭ, равного 32 МПа [1, 6] (таблица). Таким образом, экспериментально наблюдаемый негативный эффект снижения значений ряда важнейших параметров фторкомпозитов при введении в состав высокопрочных наполнителей не может быть объяснен с применением классических представлений о роли структуры на надмолекулярном и межфазном уровнях в реализации механизмов деформирования и разрушения изделий из них под действием эксплуатационных факторов.

**Параметры служебных характеристик высоконаполненных фторкомпозитов**

Параметр	Флувис			Суперфлувис		Технология МА	Технология ВС	Технология ХМ
	Флубон-ЛО	14	17*	18	27*			
$\rho_p$ , МПа	9	14	17*	18	27*	26	30	32
$\sigma_{сж\ 10\%}$ , МПа	27	30	–	33	–	35	40	45
$J \cdot 10^7$ , мм <sup>3</sup> /(Н·м)	5,0	5,0	3,5*	4,5	1,5*	2,4	2,3	1,5
$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	1830	1830	1930*	1850	1990*	1870	1920	1940
Содержание УВ, мас.%	30	30	20*	30	20*	30	30	30

Примечание. \* – данные нормативной документации на материалы серии «Флувис», «Суперфлувис» [9, 10]; МА – механоактивация; ВС – всестороннее сжатие; ХМ – холодная монолитизация.

Вместе с тем для различных типов фторкомпозитов, содержащих как высокодисперсные, в том числе наноразмерные [1, 3, 5], так и волокнистые армирующие наполнители (исходные и модифицированные) [2, 3, 6, 8] и их смеси [2], реализуется эффект многократного повышения параметра износостойкости при трении без подвода внешней смазки. Очевидно, что этот эффект является следствием проявления механизма создания частицами наполнителей любого состава, строения и дисперсности механических препятствий деформированию и перемещению локальных областей матричного связующего под действием тангенциальных напряжений и их собственной стойкости к воздействию триботехнических факторов.

Системный анализ влияния структуры фторкомпозитов на механизмы деформирования, разрушения и изнашивания изделий из них в различных условиях эксплуатации позволил выявить основные факторы, влияющие на проявление структурного парадокса при реализации традиционных технологий их изготовления на молекулярном, надмолекулярном, фазовом и межфазовом уровнях (рис. 2).

Несовершенство структуры фторкомпозитов на молекулярном уровне связано со специфическим строением макромолекулы ПТФЭ, обуславливающим отсутствие вязкотекучего состояния, характерного для термопластов, и выраженной инертностью макромолекул в процессах физико-химического взаимодействия с компонентами любого состава, строения, технологии получения. Молекулярное строение ПТФЭ диктует необходимость применения специальных технологических приемов для формирования изделия (полуфабриката), обеспечивающих взаимодействие единичных частиц дисперсной матрицы путем взаимодиффузии макромолекул граничных слоев с образованием малодефектной структуры при температурном влиянии на спрессованный образец.

На надмолекулярном уровне формирования структуры фторкомпозита парадокс проявляется в невозможности одновременного получения градиентной структуры с ламеллярным строением поверхностного слоя изделия, обеспечивающим низкое сопротивление сдвигу (низкий коэффициент трения) при эксплуатации металлополимерной системы без подвода внешней смазки, и мелкосферолитным строением матрицы в объеме, обуславливающим повышенные параметры деформационно-прочностных характеристик. Процессы формирования оптимальной надмолекулярной структуры в наполненной матрице ПТФЭ при термическом воздействии в процессе монолитизации затруднены вследствие низкой подвижности макромолекул в матричном связующем.

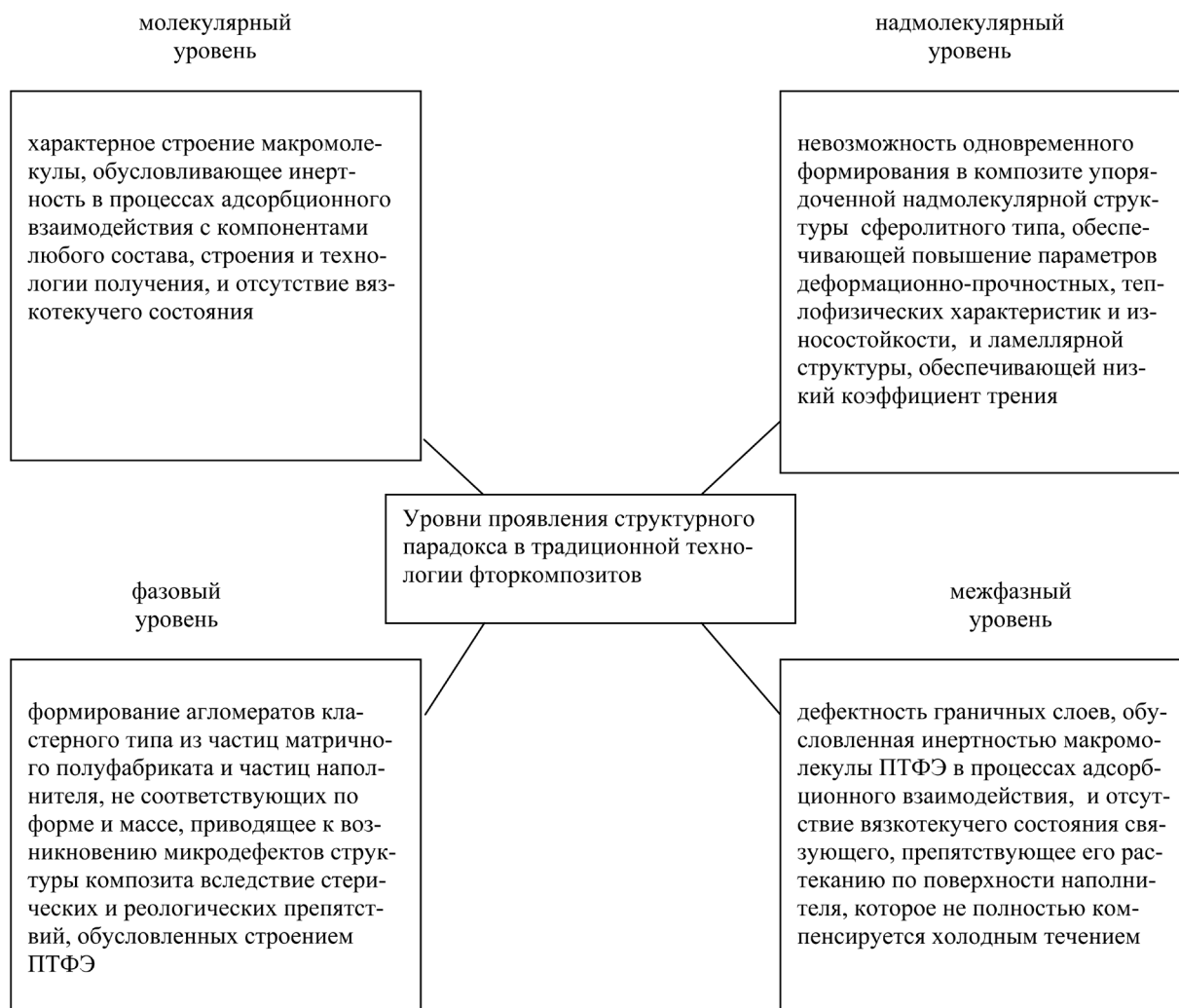


Рис. 2. Основные факторы, влияющие на проявление структурного парадокса при формировании фторкомпозитов согласно технологической парадигме

На фазовом уровне образование несовершенной структуры фторкомпозита обусловлено формированием агломератов кластерного типа при смешивании частиц матричного полимера и наполнителя, имеющих различную форму, массу и электрофизические характеристики. Агломераты обуславливают возникновение микродефектов в образце после холодного прессования, сохраняющихся после спекания (монолитизации) вследствие межчастичного трения, стерических и реологических препятствий для заполнения полостей кластеров связующим (рис. 3).

Межфазовый уровень несовершенства структуры композиционных материалов на основе ПТФЭ реализуется вследствие дефектности граничных слоев в системе матрица–наполнитель, приводящей к низкой прочности. Последняя обусловлена инертностью макромолекул ПТФЭ в процессах адсорбционного взаимодействия и отсутствием вязкотекучего состояния связующего, препятствующего его растеканию по поверхности наполнителя и повышению вклада механической составляющей в силу адгезионного взаимодействия компонентов.

Совокупный анализ основных факторов (рис. 2), приводящих к проявлению негативного эффекта снижения параметров деформационно-прочностных и триботехнических характеристик фторкомпозитов при увеличении содержания наполнителя, свидетельствует о преобладающей роли параметров, обусловленных особенностями технологии получения матричного связующего (порошкообразного ПТФЭ) и армирующего наполнителя (УВ). Они усугубляют неблагоприятное влияние характерного химического строения основных компонентов на процессы формирования оптимальной структуры на различных уровнях организации при использовании

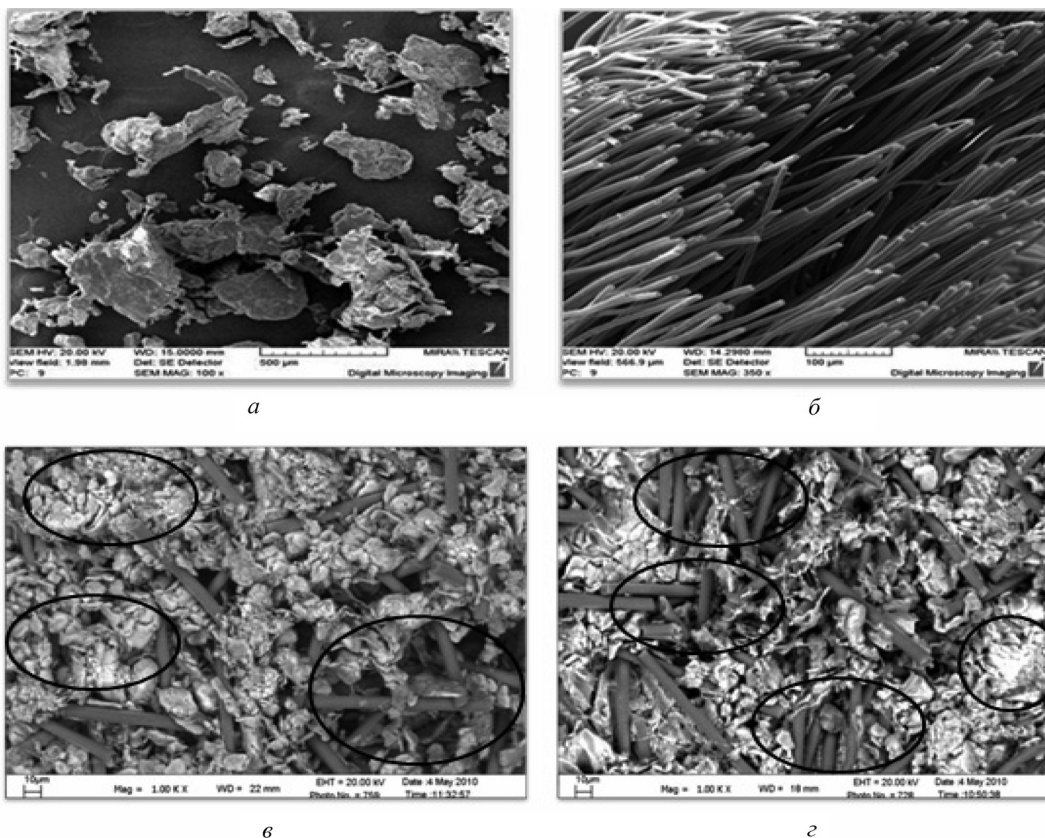


Рис. 3. Характерный вид частиц матричного ПТФЭ (а), УВ (б) и кластерных структур в композиции ПТФЭ + 20 мас.% УВ после смешения компонентов (в) и в изделии, сформированном по традиционной технологии (г). Кластеры выделены окружностями

традиционных приемов смешения компонентов, холодного прессования заготовок и их горячего спекания (монолитизации). Поэтому для обеспечения повышения значений параметров прочности и износостойкости композитов с содержанием наполнителя более 20 мас.% необходимо изменить традиционные подходы технологической парадигмы исходя из особенностей состава, строения и геометрических параметров основных компонентов. Суть этих изменений состоит в следующем:

необходимость применения технологий совмещения компонентов материала, обеспечивающих разрушение кластерных структур, образованных частицами ПТФЭ и УВ в процессе смешения (рис. 3, в);

характерная морфология частиц матричного ПТФЭ (рис. 3, а) обуславливает возможность использования в качестве целевых модификаторов компонентов с высокой термодинамической совместимостью. Последние повышают пластичность матрицы при холодном прессовании и монолитизации благодаря эффекту пластифицирования. Эффективным модификатором этого типа являются продукты термогазодинамического синтеза ПТФЭ (УПТФЭ), содержащие олигомерную и полимерную фракции с близким ПТФЭ молекулярным строением [6, 7];

заполнение полостей кластерных структур, образованных частицами ПТФЭ и УВ в процессе смешения, путем использования высокодисперсных частиц УПТФЭ на стадии предварительного модифицирования ленточного полуфабриката УВ;

кластерное строение композиционного материала на стадии смешения компонентов позволяет реализовать принцип его многоуровневого модифицирования компонентами наноразмерных и микрометричных фракций с различной формой частиц (технический углерод, УПТФЭ, УВ);

при использовании в качестве многофункционального модификатора ПТФЭ диспергированного УВ роль морфологического фактора, обуславливающего возможность образования гради-



Рис. 4. Технологические методы получения высокопрочных износостойких фторкомпозитов с повышенным содержанием УВ

ента концентрации компонентов гетерогенной системы ПТФЭ–УВ, превалирует над ролью интенсивности адсорбционного взаимодействия на границе раздела матрица–модификатор. Повышение активности поверхностного слоя УВ в процессах взаимодействия с ПТФЭ путем различных технологических воздействий (травлением, окислением, обработкой в среде фторсодержащих газов, плазмохимической обработкой и др. [3, 6, 8]) с образованием граничного слоя повышенной прочности нивелируется негативным действием дефектов, сформированных кластерами фрагментов УВ. Необходимость применения технологических приемов, способствующих уменьшению вероятности образования кластерных структур модификатора в композите на стадиях подготовки, совмещения, прессования и монолитизации.

На основании вышеизложенных представлений разработаны эффективные технологические приемы формирования малодефектной структуры фторсодержащих композитов с содержанием наполнителя 25–35 мас. %, которые относятся к классу высоконаполненных материалов (рис. 4).

Практическая реализация разработанных подходов позволила изменить активность поверхностного слоя фрагментов УВ благодаря закреплению частиц УПТФЭ (рис. 5, а), заполнить пустоты кластеров УВ компонентами, термодинамически совместимыми с матричным полимером (УПТФЭ, рис. 5, б), приблизить геометрическую форму и размеры частиц ПТФЭ и УВ, уменьшить вероятность образования кластеров (рис. 5, в) на стадии смешения компонентов, разрушить кластерные структуры в объеме композиционного материала при спекании (монолитизации) заготовки (рис. 5, з) и последующей ее обработке пластическим деформированием (рис. 5, д). Получены малодефектные структуры высоконаполненных композитов, превосходящие аналоги по гомогенности (рис. 5, е) и параметрам деформационно-прочностных и триботехнических характеристик (таблица, рис. 1).

Необходимо отметить, что разработанные методологические подходы эффективны при получении фторкомпозитов, содержащих не только углеродное, но и базальтовое, стеклянное, оксалонное и другие виды термостойких волокон.

Таким образом, проведенные системные исследования, включающие в себя материаловедческий, структурный и технологический аспекты, позволили разработать эффективные техноло-

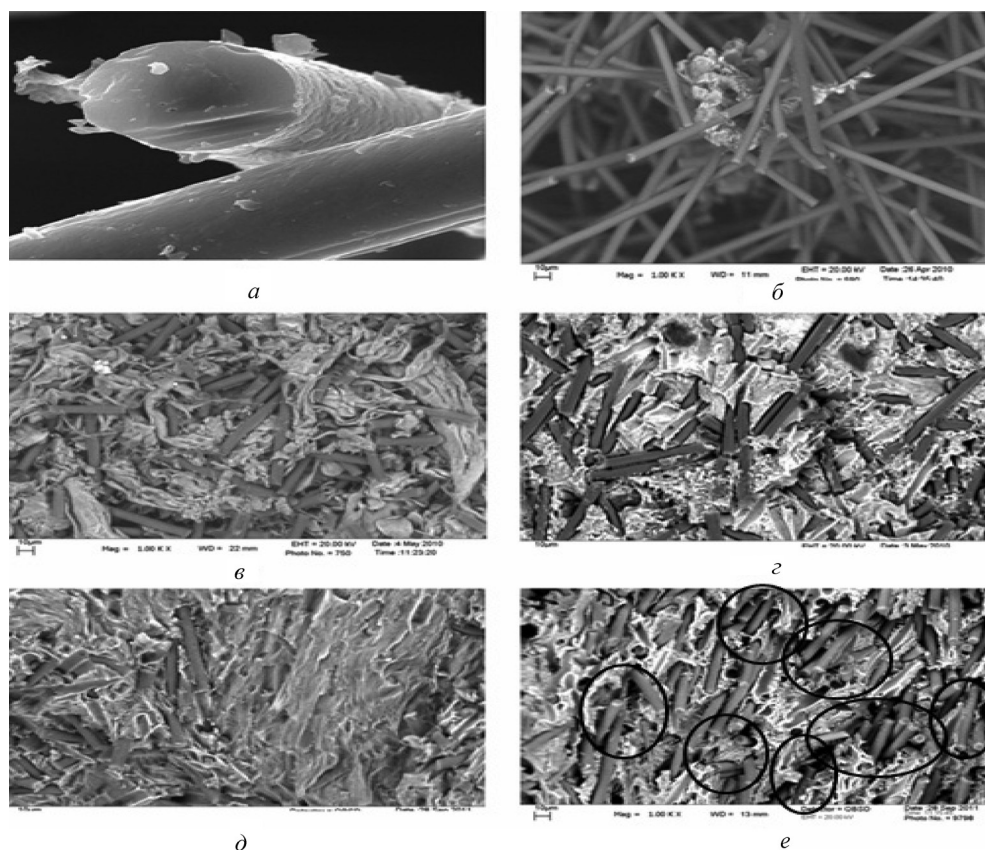


Рис. 5. Характерные признаки реализации технологии получения высокопрочных износостойких фторкомполитов: *a* – адсорбция частиц УПТФЭ на поверхности УВ; *б* – заполнение полостей кластеров УВ частицами УПТФЭ; *в* – сближение формы и размеров частиц УВ и ПТФЭ; *г* – разрушение кластеров при технологии ВС; *д* – разрушение кластеров при технологии ХМ; *е* – структура скола образца композита, полученного по традиционной технологии. Кластеры обозначены окружностями. Содержание УВ в композите 25 мас. %

гии получения высоконаполненных композиционных материалов на основе ПТФЭ, превосходящих по параметрам деформационно-прочностных и триботехнических характеристик лучшие промышленные аналоги серии «Флубон» и «Флувис» [6, 14–16].

**Заключение.** Установлено, что основным фактором, обуславливающим проявление структурного парадокса в традиционной технологии фторкомполитов, является несоответствие геометрических и размерных параметров частиц матрицы (ПТФЭ) и наполнителя, приводящее к формированию кластерных структур на стадии подготовки композита, которые служат предпосылкой образования макродефектов на стадиях холодного прессования и последующего спекания (монолитизации) изделий (заготовок).

Предложены эффективные технологические методы устранения структурного парадокса в высоконаполненных композиционных материалах на основе ПТФЭ, основанные на принципе многоуровневого модифицирования. Последний реализован путем введения многофункционального компонента (УПТФЭ) и уменьшения дефектности структуры вследствие разрушения кластерных структур наполнителя под действием процессов механоактивации (технология МА), теплового расширения компонентов (технология ВС) и пластического течения матрицы (технология ХМ) [13–15].

Разработаны составы композиционных материалов на основе ПТФЭ, содержащие 25–35 мас.% армирующего УВ, превосходящие в 1,5–2,0 раза лучшие аналоги серии «Флубон» и «Флувис» по параметрам деформационно-прочностных и триботехнических характеристик.



## Литература

1. Охлопкова А. А., Андриянова О. А., Попов С. Н. Модификация полимеров ультрадисперсными соединениями. Якутск, 2003.
2. Машков Ю. К. и др. Полимерные композиционные материалы в триботехнике. М., 2004.
3. Сиренко Г. А. Антифрикционные карбопластики. Киев, 1985.
4. Охлопкова А. А., Петрова П. Н., Гоголева О. В. // Перспективные материалы. 2008. № 6. Ч. 2. С. 213–217.
5. Гинзбург Б. М., Точильников Д. Т. // Журн. техн. физики. 2001. Т. 71, вып. 2. С. 120–124.
6. Авдейчик С. В. и др. Машиностроительные фторкомпозиты: структура, технология, применение / Под ред. В. А. Струка. Гродно, 2012.
7. Авдейчик С. В. и др. Фторсодержащие ингибиторы изнашивания металлополимерных систем / Под науч. ред. В. А. Струка. Мн., 2011.
8. Шелестова В. А. Конструкционные материалы триботехнического назначения на основе модифицированных углеволокон и политетрафторэтилена: Автореф. дис... канд. техн. наук. Гомель, 2002.
9. ТУ РБ 03535279.071–99. Заготовки из фторопластовой композиции «Флувис».
10. ТУ 6–05–14–65–79. Заготовки из фторопластовых композиций Ф4УВ15 (флубон-15) и Ф4УВ20 (флубон-20).
11. Пугачев А. К., Росляков О. Переработка фторопластов в изделия: Технология и оборудование. Л., 1987.
12. Адериха В. Н., Шаповалов В. А. // Материалы. Технологии. Инструменты. 2010. Т. 15, № 1. С. 63–68.
13. Горбацевич Г. Н. Структура и технология углеродных герметизирующих материалов для статических и подвижных уплотнений: Дис. ... канд. техн. наук. Гродно, 2002.
14. Струк В. А., Костюкович Г. А., Кравченко В. И. и др. Способ изготовления изделия из композиционного материала на основе высоковязкого полимера: Пат. РБ на изобретение 9396, МПК С08I 5/00, В29С 43/00, 2004.
15. Воропаев В. В., Воропаев В. Ф. Способ изготовления изделия из композиционного материала на основе высоковязкого полимера: Пат. 14355 РБ, МПК С08J 5/00 В 29С 43/32 /; заявитель В. В. Воропаев, В. Ф. Воропаев. № а 20080140; заявл. 2008.02.08; опубл. 2011.04.30 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. 2011. № 2. С. 95.
16. Струк В. А., Авдейчик С. В., Иценко М. В. Способ обработки углеграфитового волокна или ткани: Пат. 17248 РБ, МПК С08К 9/04, С08К 3/04 /; заявитель Закрытое акционерное общество «Солигорский институт проблем ресурсосбережения с опытным производством». № а 20110766; заявл. 2011.06.03; опубл. 2013.06.30 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. 2013. № 3. С. 102.

*V. V. VOROPAEV, S. V. AVDEYCHIK, V. A. STRUK*

### A TECHNOLOGY OF HIGH WEAR- AND STRESS-RESISTANT PTFE-BASED COMPOSITES PRODUCTION

#### Summary

The article discusses the causes of the structural paradox at obtaining PTFE-based composites within traditional technological paradigm, which consists in reducing the parameters of deformation and strength characteristics of material while increasing the share of filler. Methods for forming PTFE-based composites that overcome the negative impact of structural paradox are offered.