

## ИННОВАЦИИ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ВЫСОКОПРОЧНЫХ ИЗНОСОСТОЙКИХ КАРБОНСОДЕРЖАЩИХ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ФТОРОПЛАСТОВЫХ МАТРИЦ

*В.В. Воронаев*

*Учреждение образования «Гродненский государственный университет  
имени Янки Купалы»*

*e-mail: [voronaev\\_vv@grsu.by](mailto:voronaev_vv@grsu.by)*

**Summary.** *The article summarizes some results of research in the field of resource-saving technologies of PTFE-based composites filled with carbon fiber. The author suggests methods of production of such composite materials to provide the ability to control consumer properties of future products and to reduce resource losses at each stage of the technological process.*

Но ни один известный способ производства композиционных материалов на основе ПТФЭ с углеродистыми наполнителями, применяемый в настоящее время на предприятиях промышленности, пока не позволил в полной мере реализовать заложенный полимерной матрице (ПТФЭ) и наполнителе (углеродное волокно) потенциал физико-механических характеристик. Основными препятствиями для достижения прочностных характеристик фторкомполитов с углеродными волокнами, сопоставимых с другими карбопластиками, являются низкая прочность адгезионных связей между полимерной матрицей и наполнителем, а также неравномерность распределения фрагментов углеродных волокон в полимерной матрице. Полностью и или частично устранить влияние данных факторов и получить композиционные материалы с высокими значениями физико-механических характеристик пытаются различными способами: применением механоактивации полуфабриката композиционного материала через вальцы и спекания заготовок в условиях ограничения объема теплового расширения при температуре более 300С° [1], плазмохимической обработкой углеродной ленты [2] и другими [3, 4].

Указанные способы достаточно эффективны при небольшом (до 20%) содержании наполнителей в композиционном материале. Вместе с тем, практическое использование фторполимеров и композиций на их основе с невысоким содержанием наполнителей ограничивает эксплуатационные возможности создаваемых узлов и конструкций вследствие их сравнительно невысокой прочности и низкой износостойкости [5].

Неоднократные попытки изготовить композиционный материал на основе ПТФЭ с содержанием углеродного волокна больше 20% масс. традиционными методами приводили к отрицательному результату. По этой причине подобные материалы в настоящее время промышленностью не изготавливаются, хотя некоторые варианты технологического процесса, например, предложенные в [1], дают достаточно хорошие результаты. Тем не менее, следует признать, что прочностная составляющая физико-механических характеристик высоконаполненных композиционных материалов даже этой технологией не реализована полностью, поскольку порог прочности при разрыве композита должен быть задан прочностью матричного материала, чего не было достигнуто.

Автором предложены технологические приемы производства композиционных материалов на основе ПТФЭ с углеродистым наполнителем, обеспечивающие возможность управления потребительскими свойствами будущих изделий на каждом из этапов технологического процесса. Разработанные технологические приемы являются ресурсосберегающими, так как в предлагаемом технологическом процессе отсутствуют операции по измельчению углеродной ленты, проходящие с обильным образованием углеродной пыли, являющейся технологическими потерями. При механическом смешивании композиции в лопастном смесителе частицы фторопласта закрепляются на отдельных крупных волокнах наполнителя в результате трибоэлектрического эффекта. Этим обеспечивается гарантированный контакт частиц наполнителя и матричного материала в ходе

дальнейших операций технологического процесса, в результате чего улучшается адгезионное взаимодействие в композиционном материале.

Разработан также энергосберегающий способ термообработки, который заключается в том, что операция термообработки производится в три этапа, включающих: а) нагрев до температуры 360 °С и первичное спекание; б) охлаждение до температуры 325 °С и выдержку; в) повторное спекание при температуре 360 °С. Экономия электроэнергии при термообработке по указанному режиму составляет около 40% по сравнению с термообработкой по многоступенчатому режиму, описанному в [6] и применяемому в настоящее время на предприятиях по производству композитов типа «Флубон», «Флувис», «Суперфлувис». Результаты работы указанных технологий

В таблице отражены значения сравнительных характеристик фторкомполитов, полученных с применением описываемой ресурсосберегающей технологии и технологии всестороннего сжатия (одной из наиболее эффективных при производстве высоконаполненных фторкомполитов):

Физико-механические характеристики фторопластового композиционного материала с содержанием углеродного волокна 30 %

Характеристика	Технология по способу всестороннего сжатия	Технологии разработанные
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	1835	1870
Прочность на сжатие при 10% деформации, МПа	40	60
Прочность при растяжении, МПа	28	37
Условный предел текучести при сжатии, МПа	28	35
Относительное удлинение при разрыве, %	70	7
Интенсивность изнашивания, Jx10 <sup>-7</sup> мм <sup>3</sup> /Нхм	2,5	2,0

Представленные в таблице результаты лабораторных испытаний наглядно, по мнению автора, свидетельствуют о высоком потенциале использования ресурсосберегающих технологий при производстве композитов на основе фторопласта, наполненного углеродными волокнами.

#### Литература

1. Машиностроительные фторкомполиты: структура, технология, применение : моногр. / С.В. Авдейчик [и др.] ; под ред. В.А. Струка. – Гродно : ГрГУ, 2012. – С. 226–335.
2. Grakovich, P.N. Plasma-chemied modification of carbon fibers as an efficient method of regulation properties of PTFE-based composite materials / P.N. Grakovich, V.A. Shelestova. // Science in China. Mathematics, Physics, Astronomy. – 2001. – Ser. A. – V. 44. – P. 292-296.
3. Охлопкова, А.А. Физико-химические принципы создания триботехнических материалов на основе полимеров и ультрадисперсных керамик: Дисс.... д-ра техн. наук. – Якутск, 2000. – 269с.
4. Струк, В.А. Способ изготовления композиционного материала на основе термопластичных матриц / В.А. Струк, Г.А. Костюкович, В.И. Кравченко, Е.В. Овчинников, С.В. Авдейчик, Д.И. Федоров // Патент РФ на изобретение № 2266988, МПК D01G 11/14, C08I 5/06, 2004.
5. Производство изделий из полимерных материалов / В.К. Крыжановский [и др.] ; под общ. ред. В.К. Крыжановского. – Спб.: Профессия, 2004. – 464 с.
6. Технология триботехнических композиционных материалов для автотракторной техники / В.А. Струк [и др.] // Доклады Междунар. науч.-техн. конф. «Тракторы, автомобили, мобильные энергетические средства: проблемы и перспективы развития», Минск, 11-14 февраля 2009г. – БГАУ: Минск, 2009. – С. 361-366.