

УДК 621.763:678(075.8)

# СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СВОЙСТВ ФТОРО- ПЛАСТОМАТРИЧНЫХ УГЛЕВОЛОКНИСТЫХ КОМПОЗИТОВ ПУТЕМ ВЛИЯНИЯ НА ПАРАМЕТРЫ ТЕХНОЛОГИИ ИХ ПОЛУЧЕНИЯ

*У статті розглядається питання обиравання технології та змішувального обладнання для отримання композитного матеріалу методом сухого змішування матриці з політетрафторетилену з вуглекислим наповнювачем. Аналізується вплив різних факторів на технологічний процес отримання якісної суміші полімерного композитного матеріалу*

*Ключові слова: вуглеволокно, змішування, політетрафторетилен, полімерний композитний матеріал, якість*

*В статье рассматривается вопрос выбора технологии и смешительного оборудования для получения композитного материала методом сухого смешения матрицы из политetraфторэтилена с углеволокнистым наполнителем. Анализируется влияние различных факторов на технологический процесс получения качественной смеси полимерного композитного материала*

*Ключевые слова: углеволокно, смешение, политetraфторэтилен, полимерный композитный материал, качество*

*The article covers the issue choosing the mixing equipment for production of composites by the method of dry mixing a polytetrafluoroethylene matrix with a carbon fiber filler. It presents an analysis of influence different factors exert on the technological process of producing a high quality mixture of a polymeric composite. Key words: carbon fiber, mixing, polytetrafluoroethylene, polymer composite, quality*

**П. В. Руденко**

Ассистент\*

Контактный тел.: 8 (0542) 64-09-49

**М. В. Бурмистр**

Доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой

Кафедра ПП и Ф

УДХТУ, НПМ

Контактный тел.: 8 (0562) 47-33-25

пр. Гагарина, 8, г. Днепропетровск, 49005

**А. Ф. Будник**

Кандидат технических наук, доцент\*

Контактный тел.: 8 (0542) 64-09-49

\*Кафедра прикладного материаловедения и технологии конструкционных материалов Сумской государственной университет

## 1. Введение

Низкий коэффициент трения по сравнению с другими полимерными конструкционными материалами, а также сочетание низкой плотности с высокими показателями прочности, упругости, электропроводности и исключительной инертности практически к любым агрессивным средам фторопласта-4 и композиций на его основе обуславливает широкое применение их в машиностроении - в узлах трения механизмов машин и приборов в качестве подшипников и опор скольжения, подвижных уплотнений - поршневых колец, манжет, торцевых уплотнений, уплотнений шаровых кранов [1, 2, 3].

В этом ряду при использовании в узлах трения и уплотнениях высокоэнергетического оборудования выделяются углепластики на основе политetraфторэтилена (фторопласта-4, Ф-4) [4] и углеродных волокон (УВ).

Несмотря на большую номенклатуру созданных антифрикционных полимерных композитных материалов (ПКМ) с матрицей Ф-4 и УВ наполнителем вопрос улучшения их качества технологией получения является весьма актуальным.

В настоящее время существуют несколько путей улучшения свойств ПКМ.

- изменения технологического процесса получения ПКМ;
- модификация наполнителя УВ;

В результате проведенного нами исследования структуры и свойств существующих антифрикционных ПКМ был сделан вывод, что большой разброс в показателях прочности и антифрикционных свойств, прежде всего связан со структурой ПКМ. К недостаткам структуры прежде всего можно отнести низкие показатели качества смеси (недостаточное распределение волокна в объеме композиции, наличие «сгустков» УВ наполнителя, чрезмерное или недостаточное диспергирование УВ).

Как было указано ранее [5], структура полимерного композитного материала с матрицей из политетрафторэтилена и углеволокнистым наполнителем закладываются на стадии смешения компонентов композиции и зависят от ряда факторов.

Цель настоящей работы – выбор смесительного оборудования и определения влияния технологических параметров процесса смешения на свойства композиции при производстве ПКМ с матрицей ПТФЭ и УВ наполнителя.

## 2. Выбор технологии смешения и обеспечивающего смесительного оборудования.

Процесс выбора технологии и смесительного оборудования для получения композитного материала методами сухого смешения на основе ПТФЭ и УВ наполнителя является одним из важнейших задач при разработке технологического процесса получения полимерного композитного материала (ПКМ). Его можно разбить на основные этапы.

- Определение физико-механических свойств исходных компонентов смеси.

- Выбор типа смесителя, принимая за основу оборудования предприятий работающих в области получения материалов с матрицей ПТФЭ и по результатам потенциально-литературного поиска.

- Проведение пробного смешивания и получение композиции на выбранном типе смесителя при различных технологических режимах.

- Экспериментальная оценка качества смеси полученной композиции.

Проводя детальный анализ всех этапов связанных с выбором смесительного оборудования, можно сделать вывод, что качество смеси главным образом зависит от типа выбранного смесителя и режимов его работы. Несомненно, тип смесителя определяет гидродинамику движения частиц, производительность процесса, качество и дисперсность композиции. А от технических возможностей смесителя (мощности, скорости, возможности изменения цикла загрузки и выгрузки компонентов смеси) зависит разнообразие применяемых технологических методов и возможность термодинамического воздействия (охлаждение, нагрев, вакуум) на смешиваемый композиционный материал.

В результате проведения анализа и предварительных экспериментов нами был выбран смеситель с подовым вращающимся лопастным ротором, используемый для смешения в условиях псевдоожижения порошкообразных материалов.

Немаловажную роль на выбор типа смесителя и эффективность процесса смешения и физико-химические свойства компонентов композиции оказывает

возможность изменения гидродинамики движения частиц смеси в смесительном аппарате. Гидродинамика движения частиц зависит от:

- размеров рабочей камеры смесителя;
- геометрии и размеров рабочих органов смесителя;
- скорости вращения рабочих органов;
- объема или массы композиции в аппарате.

## 3. Особенности получения смеси Ф-4 и УВ наполнителя.

Особенностью смешения ПТФЭ и УВ является то, что уже при засыпке ингредиентов смеси в смешивающий аппарат при взаимном трении частиц композиции они электризируются и покрываются по поверхности зарядами различного знака. Электризация протекает и при трении движущихся частиц друг о друга и о стенки аппарата. В результате электролиза происходит слипание и агрегирование частиц [6]. Данный процесс затрудняет получение однородной смеси, существенно влияя на физико-механические показатели фторопласто-матричного углеволокнистого композита.

Следует отметить, что композиция ПТФЭ и УВ состоит из частиц большинство размеров которой составляют 30-180 мкм. Для такой размерности частиц поверхностные взаимодействия за счет электризации и поляризации сил весьма интенсивны, следствием чего и является агрегация и неоднородность смеси.

Различные режимы гидродинамики процесса смешения ПТФЭ и УВ влияют не только на однородность и дисперсность получаемой фторопластоматричной композиции, но и, вследствие механо-термического воздействия, приводят к физико-химическим изменениям в обоих компонентах смеси.

Так с одной стороны процесс трения УВ приводит к модификации его поверхности и создания благоприятного для адгезии с ПТФЭ матрицей рельефа [7,8]. С другой стороны он сопряжен с измельчением УВ и термо-окислением поверхности вследствие повышения температуры в результате трения [9].

## 4. Экспериментальная часть.

В ходе проведения эксперимента нами была изучена гидродинамика движения частиц фторопластоматричной композиции в смесительном аппарате и влияние технологических параметров смешения на качество смеси и свойство композита (таблица 1.). Для проведения эксперимента использовался модернизированный смеситель МРП-2. Модернизация смесителя состояла в замене штатного двигателя на двигатель с электронным управлением что позволило регулировать обороты двигателя  $N=0 - 9000$  об/мин и установку прозрачной смесительной камеры для наблюдения и съемки процесса смешения.

Были получены композиции при различных технологических режимах смешения и произведена видеосъемка этих режимов. Из композиций были изготовлены образцы в виде втулок методом прессования (давление прессования  $P=600$  кг/см<sup>2</sup>, скорость прессования  $V=0,5$  м/мин) и последующим спеканием при  $t=370\pm 5^\circ\text{C}$ .

Таблица 1

Влияние режимов смешения на свойства композиции (Ф-4-0, 80%; УТМ-8, 20%).

| Скорость вращения, N об/мин | Время смешения, T мин. | Насынная плотность, g/cm <sup>3</sup> | Индекс смешения, I | Средняя длина волокна, L мкм |
|-----------------------------|------------------------|---------------------------------------|--------------------|------------------------------|
| 250                         | 10                     | 0,226                                 | 0,42               | 310                          |
|                             | 20                     | 0,229                                 | 0,51               | 266                          |
|                             | 30                     | 0,234                                 | 0,65               | 233                          |
| 500                         | 10                     | 0,237                                 | 0,62               | 230                          |
|                             | 20                     | 0,244                                 | 0,72               | 186                          |
|                             | 30                     | 0,248                                 | 0,89               | 98                           |
| 1000                        | 10                     | 0,250                                 | 0,74               | 140                          |
|                             | 20                     | 0,257                                 | 0,93               | 80                           |
|                             | 30                     | 0,259                                 | 0,94               | 35                           |

Значения индекса смешения были получены при анализе 10 проб. Среднюю длину волокна определяли при помощи программы Image-Pro Plus, анализировали длину 250 частиц.

Результаты испытаний на разрывную прочность и интенсивность изнашивания приведены в таблице 2.

Таблица 2

Влияние режимов смешения (80%-ПТФЭ, 20%-УВ) композиции на свойства (время смешения 30 мин)

| Скорость вращения, N об/мин. | Прочность при разрыве, $\sigma_v$ МПа | Интенсивность изнашивания, $\frac{J \times 10^{-7}}{mm^3 (H \times M)}$ |
|------------------------------|---------------------------------------|---|
| 250                          | 15,6                                  | 11,6  |
| 500                          | 22                                    | 7,3   |
| 1000                         | 14,6                                  | 32,2  |

## 5. Выводы

Результаты эксперимента показали, что наилучшие прочностные и триботехнические свойства имеют композиции полученные при скорости вращения рабочих частей смесителя  $N \approx 500$  об/мин и времени смешения  $T = 30$  мин. А видеосъемка позволила охарактеризовать данный режим. При таком режиме смешение композиции происходит в так называемом псевдооживленном состоянии [10]. Необходимо также отметить, что улучшение свойств полученных ПКМ связаны с качеством смеси и оптимальным распределением наполнителя УВ по длине.

Таким образом, с целью предотвращения чрезмерного диспергирования смеси во время смешения и нарушения, в результате этого, требуемого равномер-

ного распределения наполнителя по длинам, фракциям и объему композиции [11] необходимо обеспечить оптимальную гидродинамику процесса путем расчета оптимальной частоты вращения рабочих органов и установления оптимальной продолжительности процесса. Решить эту задачу представляется возможным методами физического и математического моделирования с обработкой и обобщением экспериментальных данных математико-статистическими методами на ЭВМ при помощи программного обеспечения.

## Литература

1. Пугачев А. К., Росляков О.А. Переработка фторопластов в изделия. Л.: Химия, 1987.- 168с.
2. Фитцер Э. Углеродные волокна и углекомпозицы: Пер. с англ. Под ред. А.А. Берлина.- М.: Мир, 1988. – 336с.
3. Композиционные материалы. Справочник. Под ред. В.В. Васильева. – М.: Машиностроение, 1990. – 510с.
4. Шелестова В.А., Гракович А.Н., Данченко С.Г., Смирнов В.А. Новые антифрикционные материалы группы Флувис на основе модифицированных углеродных волокон // Химическое и нефтегазовое машиностроение. – 2006. - №11. – С.39-41.
5. Будник А.Ф., Руденко П.В., Бурмистр М.В. Влияние процесса смешения наполнителя и матрицы на технологию композитного материала на основе политетрафторэтилена // Вісник Сумського державного університету. Серія технічні науки. – 2007. - №1. – С.72-79.
6. Аэров М.С., Тодес О.М. Гидравлические и тепловые основы аппаратов со стационарным и кипящим зернистым слоем. – Л.: Химия, 1968. – 512с.
7. Будник А.Ф., Руденко П.В., Будник О.А., Ильиных А.А. Разработка уплотнительного углефторопластового композитного материала с требуемыми служебными свойствами технологией его получения // Труды Междунар. Конф. «HERVICON 2008» - Kielce-Przemysl. – 2008. – С.299-306.
8. Будник А.Ф., Будник О.А., Бурмистр М.В. Вплив та місце технологічних процесів підготовки наповнювачів і композицій у технології виробництва композитів на основі фторопласту-4 // Вісник Сумського державного університету. Серія технічні науки. – 2007. - №1. – С.64-71.
9. Паншин Ю.А., Малкевич С.Г., Дунаевская Ц.С. Фторопласты. – Л.: Химия, 1978. – 472с.
10. Торнер Р.В., Акутин М.С. Оборудование заводов по переработке пластмасс. – М.: Химия, 1986. – 400 с.,
11. Дудукаленко В.В., Шаповалов С.П., Будник А.Ф. Выбор структуры карбопласта для изготовления уплотнений // Сб. науч. трудов. Химическое машиностроение: расчет, конструирование, серия, технология. - К. – 1992. – С.94-100.