

УДК 631.3.02:678.5.026

А.И. Буря, А.С. Кобец,
Н.Т. Арламова, А.А. Буря

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ФЕНИЛОНА В ПОСЕВНЫХ МАШИНАХ

Обговарюються дані що до використання композиційних матеріалів (КМ) в посівних машинах. Наводяться експлуатаційні характеристики нового КМ на основі фенілону, наповненого ультрадисперсним тугоплавким β -сіалоном. Результати термічного, теплофізичного і фізико-механічного аналізу дозволяють рекомендувати розроблений КМ для впровадження в конструкціях посівних і посадочних машин.

Одним из основных направлений разработки и усовершенствования посевных и посадочных машин является сокращение затрат труда и времени на технологическое обслуживание, снижение материалоемкости конструкций. Решение последней задачи позволяет перейти от прицепных к навесным моделям сеялок, повышая тем самым компактность и маневренность посевных агрегатов.

Економии металла, снижения материалоемкости машин можно достичь путем повышения и улучшения сортамента металлоконструкций, а также широкого использования полимерных материалов для изготовления узлов и деталей. В сеялках отечественного производства уровень использования полимеров очень низкий. Так, в основной модели зерновой сеялки СЗ-3,6А и ее модификациях используется только три наименования деталей из полиамида ПА 6-210/310 ОСТ 6-06-С9-83. Это втулки механизма привода валов высевающих аппаратов. Общая масса этих 26 деталей – 292 кг на одну сеялку СЗ-3,6А, что составляет только 0,02 % от общей ее массы.

В сеялках точного высева, например в свекловичной ССТ-12Б, используется шесть наименований деталей из капрона: ролики коробки перемены передач и системы привода высевающего аппарата (14 ед.), зубчатки (90 зубьев) привода высевающего ячеистого диска (12 штук) и четыре наименования втулок (общим количеством 86 ед.) системы привода высевающего и туковысевающего аппаратов. Общая масса деталей из капрона составляет 3,126 кг на одну сеялку, или 0,27 % от общей массы машин. Такой же низкий уровень использования полимерных материалов и в других марках посевных и посадочных машин.

Ведущие зарубежные фирмы, разрабатывающие и выпускающие посевные машины, стремятся улучшить качество изготовления основных узлов и деталей, применить наиболее легкие коррозионно- и износостойкие материалы для изготовления рабочих органов, обеспечить условия длительной и надежной работы высевающих аппаратов. Так, в пневматических зерновых сеялках и сеялках, оборудованных механическим катушечным высевающим аппаратом,

корпуса, дозирующие и высевальные катушки изготавливают литьем под давлением из долговечных и стойких к истиранию и коррозии материалов, в том числе и из полимеров – полиуретана, нейлона, полиэтилена и другие, что повышает равномерность и устойчивость посева, так как изготавливаемые по такой технологии сопрягаемые детали точно выдержаны по размерам. Шведская фирма «A.V.Overums Bruk», польская «Agromet Krag», французская «Roger», немецкая «H.Weiste», канадская «Flexi – Coil», «Morris» и «Edwards», а также всемирно-известная фирма «John Deere» и др. выпускают несколько типов катушечных дозаторов с изменяемой или постоянной длиной рабочей части катушек для посева различающихся по размерам и форме семян в широком интервале норм (10-460 кг/га). Желобки катушек выполняют по спирали или шевронными, катушек для посева трав – прямыми. Расположение желобков на рабочей поверхности катушки по спирали повышает устойчивость дозирования высеваемого материала, особенно при посеве малыми порциями.

В последнее десятилетие в зарубежном сельскохозяйственном машиностроении находят применение синтетические материалы с добавлением катализаторов и наполнителей (древесная мука, целлюлоза, хлопок, асбест), усиливающих механическую прочность, термическую и химическую стойкость. Кроме катушечных высевающих аппаратов многие европейские фирмы широко используют конструкции семя- и тукопроводов, выполненные из полимерных трубок, армированных сталью или полимерными волокнами. Такие пневмо- и тукосемяпроводы применяются на сеялках Semavator фирмы «Howand» (Великобритания), Pneumasem-11 фирмы «Nodet Gougis» (Франция), 1100 и 1600 фирмы «Flexi-Coil» (ФРГ) и др. Существенного снижения металлоемкости фирмы «John Deere», «Bamlet Ltd.» и др. достигают путем замены крупногабаритных металлических бункеров посевных машин на стеклопластиковые, а гибкая перегородка из пластмассы в бункере зернотуковой сеялки позволяет производить загрузку семян и удобрений в пропорции 1:1 или 1:2.

Полимерные материалы находят применение и при изготовлении вспомогательного оборудования, используемого при посеве. Так, фирма «Unvertherth» (США) изготавливает поперечный шнековый загрузчик для пропашных сеялок, выполненный из поливинилхлорида, а ребра шнека – из полиэтилена высокой плотности. А шведская фирма «Overum Tive Ltd» в дополнительном оборудовании к сеялке «5006 Drill Jet», которая агрегируется с тракторами мощностью 64,8...95,2 кВт, выпускает устройство для установки заданной нормы посева, два длинных лотка которого для сбора семян выполнены из пластика.

Однако недостаточно высокие физико-механические характеристики традиционных полимерных материалов не позволяют использовать их в более нагруженных узлах трения посевных машин. В то же время, известно применение новых конструкционных материалов в других сельскохозяйственных машинах (комбайнах, тракторах) [13,14]. Исходя из этого, представляло научный и практический интерес разработать и исследовать новые полимерные композиционные материалы на основе ароматического полиамида фенилон С-2.

К числу перспективных высокодисперсных наполнителей композиционных материалов относятся β -сиалоны – ультрадисперсные тугоплавкие соедине-

ния, представляющие собой твердые растворы Al_2O_3 и AlN в Si_3N_4 с общей формулой $Si_{6-x}Al_xO_xN_{8-x}$ ($x = 0,8...4,2$) [1,2]. Использование β -сиалонов особенно эффективно в тех случаях, когда содержание наполнителя в системе относительно невелико и он сам не может образовывать пространственной сетки из частиц твердой фазы, однако оказывает влияние на процесс формирования структуры в объеме полимера [3]. Отличительной особенностью β -сиалонов является высокая удельная поверхность ($45...60 \text{ м}^2/\text{г}$), устойчивость к окислению при нагревании на воздухе, тугоплавкость. В связи с этим целесообразно было изучить влияние β -сиалона на свойства термостойкого ароматического полиамида фенилон С-2.

Для исследований использовали β -сиалон, полученный методом плазмохимического синтеза [5]. Степень наполнения фенилона β -сиалонem составляла 0,2...10 мас. %. Приготовление композиций осуществляли во вращающемся электромагнитном поле [6]. Композиции перерабатывали в изделия в условиях, описанных ранее [7]. Термический анализ композитов проводили с использованием дериватографа Паулик-Паулик-Эрдей венгерской фирмы МОМ в воздушной среде. Навеска образцов составляла 200 мг, чувствительность методов ДТА и ДТГ – 1/3, эталонное вещество – оксид алюминия. Теплофизические свойства изучали согласно ГОСТ 23630.1-73 и 2-79 на приборах ИТ-с-400 и ИТ-л-400; коэффициент термического линейного расширения – на dilatометре ДКВ-5АМ в интервале температур 293...1173 К. Образцы на ударную вязкость испытывали по методу Шарпи согласно ГОСТ 4647-80 на маятниковом копре КМ-04; разрушающее напряжение при сжатии, предел текучести, относительные деформации при разрушении определяли на испытательной машине FRZ-100/1 фирмы HECKERT по ГОСТ 4651-78. Твердость измеряли по Роквеллу согласно ГОСТ 24622-81 с использованием твердомера 2142 ТРМ (шкала HR_{α} , диаметр шарика 12,7 мм, нагрузка 588,4 Н).

Результаты термического анализа фенилона С-2 и композитов на его основе с различным содержанием ультрадисперсного наполнителя приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Термические свойства фенилона С-2, наполненного β -сиалонem

Содержание β -сиалона, мас. %	T^*_{10}	T_{20}	T_{30}	T_{50}	$E_{\text{акт.}}$, кДж/моль
0	684	742	785	963	105,4
0,2	688	743	806	953	98,5
1,0	692	747	812	964	97,1
5,0	687	746	812	957	97,7
7,5	676	741	808	946	83,6
10,0	681	750	820	960	86,9

* Температуры (К), при которых полимер теряет соответственно 10, 20, 30, 50% исходной массы

Как видно из полученных данных, термостойкость фенилона при введении β -сиалона улучшается незначительно; энергия активации ($E_{\text{акт.}}$) композитов с увеличением процентного содержания β -сиалона проявляет тенденцию к

снижению, в то время как температура, при которой наблюдается максимальная скорость потери массы полимера, практически не изменяется по сравнению с ненаполненным фенилоном.

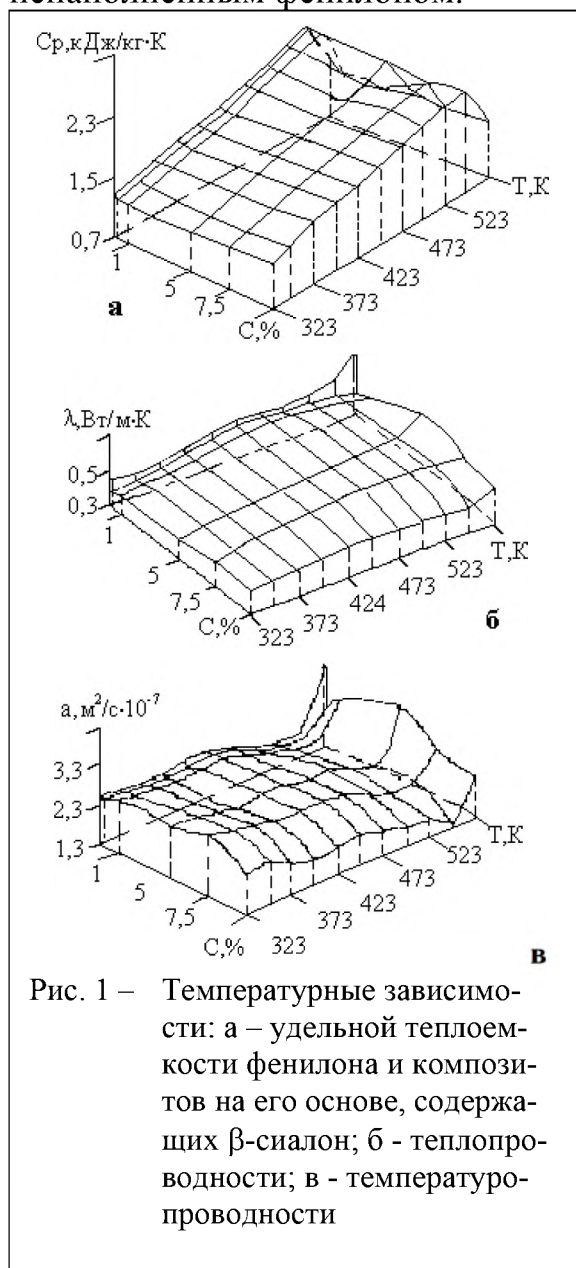


Рис. 1 – Температурные зависимости: а – удельной теплоемкости фенилона и композитов на его основе, содержащих β-сиалон; б - теплопроводности; в - температуропроводности

Анализ температурных зависимостей удельной теплоемкости, коэффициентов тепло- и температуропроводности (рисунки 1) показал, что кривые чистого и наполненного β-сиалоном фенилона имеют идентичный характер. По мере роста температуры наблюдается близкое к линейному, повышение удельной теплоемкости (рис. 1,а), вызванное увеличением подвижности сегментов макромолекул. Фенилон С-2 относится к аморфным полимерам [8], для которых при описании температурной зависимости теплопроводности используют положения фоновой теории [9]. Согласно указанной теории при температурах свыше 100 К длина свободного пробега фононов находится на уровне ближнего порядка (несколько десятков нанометров) и сопоставима со средней длиной пробега фононов в кристаллических полимерах. Поэтому при таких температурах значение теплопроводности исследуемых материалов (рис. 1,б) монотонно повышается до температуры 473...498 К, после чего наблюдается резкое снижение и достигается минимум в области температуры стеклования. За этой температурой начинается повышение теплопроводности. В литературе же [8,9] утверждается, что после температуры

стеклования теплопроводность аморфных полимеров понижается, а кристаллизующихся остается постоянной или же проявляет слабую зависимость от температуры. Температуропроводность композитов (рис. 1,в) в исследуемом диапазоне до температуры стеклования уменьшалась, затем, как и в случае теплопроводности, возрастала, только более резко.

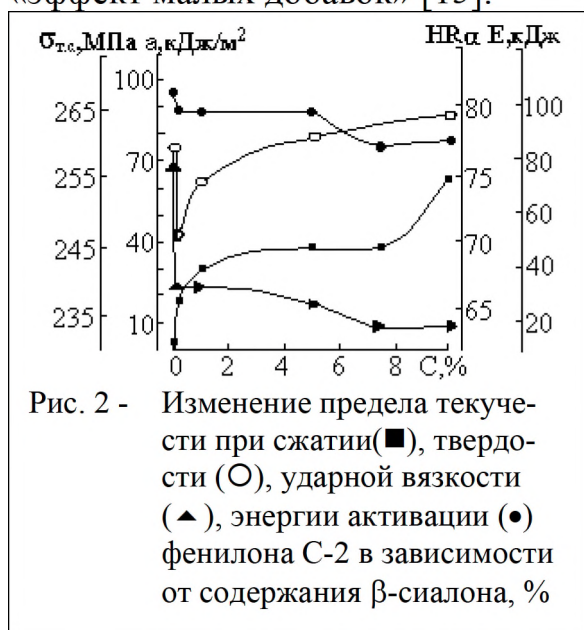
Тепловое расширение (или тепловая деформация) обусловлена, как и теплопроводность, ангармоничностью колебаний составляющих тело частиц. Наряду с теплоемкостью и теплопроводностью тепловое расширение отражает силы, действующие между частицами, и особенности тепловых колебаний связанных между собой элементов [10]. Количественной характеристикой теплового расширения служит коэффициент термического линейного расширения (КТЛР). Значения КТЛР фенилона С-2 и композитов, наполненных β-сиалоном,

рассчитанные по кривым зависимости относительное удлинение – температура, представлены в табл. 2.

Таблица 2 - Значения коэффициента термического линейного расширения

Интервал температур, К	$\alpha \cdot 10^{-6}, K^{-1}$					
	Содержание β -сиалона, мас. %					
	0	0,2	1,0	5,0	7,5	10,0
298 – 323	35,51	36,81	30,14	32,86	29,40	32,36
298 – 373	41,17	39,73	37,13	37,30	37,44	40,38
298 – 423	40,50	39,66	38,40	37,02	38,04	39,97
298 – 473	40,51	39,51	38,31	38,27	35,03	37,08
298 – 523	41,05	39,09	37,85	37,68	31,57	29,66

Введение β -сиалона в фенилон С-2 приводит к понижению КТЛР, причем наиболее резко, до 40 % при массовом содержании наполнителя 1 %. Учитывая то, что введение 5 мас. % β -сиалона понижает КТЛР на 20 %, а 10 мас. % - на 30 %, можно заключить: наблюдается аномальное отклонение показателя в области малого содержания наполнителя. Аналогичное явление отмечено также при определении температуры стеклования, которая повышается при массовом содержании β -сиалона 0,2...1,0 мас. %. Очевидно сказывается так называемый «эффект малых добавок» [15].



Анализ физико-механических характеристик (рис. 2) показал, что β -сиалон при содержании 0,2-1,0 мас. % играет важную роль в процессах трансформации структуры полимерного связующего, так как в этом случае наблюдается существенное повышение предела текучести при сжатии, сравнимое только с увеличением данного показателя при изменении содержания наполнителя от 1 до 10 мас. % (рис. 2). Но в последнем случае, очевидно, на увеличении прочности уже начинает сказываться достаточно большое содержание более прочного наполнителя [11].

На изменение структуры фенилона при введении небольших количеств указывает и ход кривой $HR\alpha$. Так, в диапазоне наполнения до 1 мас. % β -сиалона твердость выше, чем у исходного полимера; при дальнейшем же увеличении содержания наполнителя она уменьшается.

К недостаткам композитов на основе фенилона, наполненного ультрадисперсным β -сиалонам, следует отнести резкое (в 2,8-9,8 раза) снижение ударной вязкости, что значительно ограничивает область применения таких композитов. Поскольку ухудшение ударной вязкости композитов коррелирует с изменением энергии активации, можно предположить, что в процессе переработки композитов наполнитель β -сиалон катализирует термодеструкцию полимерного связующего. Снижение молекулярной массы термостойких полимеров, как прави-

ло, сопровождается уменьшением их ударной вязкости [12].

Полученные физико-механические характеристики дают основание полагать, что детали, изготовленные из композитов на основе фенилона С-2, наполненного ультрадисперсным β -сиалонном, можно успешно использовать в конструкциях посевных и посадочных машин. Это подшипники скольжения взамен шарикоподшипников в системе привода, втулки, ролики, приводные звездочки, шестерни и др., применение которых позволит существенно снизить материалоемкость машины, затраты труда на обслуживание и повысить долговечность узлов трения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Износостойкость малонаполненных композиций на основе политетрафторэтилена / Адрианова О.А., Виноградов А.В., Герасимов А.И., Демидова Ю.В., Черский И.Н. // Трение и износ: - Гомель: АН Беларуси, 1986. -Т. 7, № 6. -С.1037-1042.
2. Виноградов А.В., Охлопкова А.А. Износостойкость дисперснонаполненного политетрафторэтилена и критические концентрации ультрадисперсного наполнителя // Трение и износ: -Гомель: АН Беларуси, 1995. -Т. 16, № 5. -С.331-338.
3. Соломко В.П. Наполненные кристаллизующиеся полимеры. -Киев: 1980. -263 с.
4. Виноградов А.В., Демидова Ю.В., Адрианова О.А. Структурная модификация политетрафторэтилена тугоплавкими соединениями // Сб. научн. трудов. Якутск. -1989. -С.37-42
5. Миллер Т.Н. Плазмо-химический метод и свойства порошков тугоплавких соединений // Неорганические материалы. -1979. -Т. 15, №4. -С. 557-561.
6. Фомичев И.А., Буря А.И., Губенков М.Г. Получение термостойких полимерных материалов в магнитном поле // Электрон. обраб. матер. -1978. -№4. -С. 26-27.
7. Буря А.И., Фомичев И.А., Самарин И.А. Переработка и исследование свойств фенилона, армированного полиимидными волокнами // Вопросы химии и хим. технологии. -1978. -Вып. 52. -С. 101-104.
8. Термостойкие ароматические полиамиды / Л.Б.Соколов, В.Д.Герасимов, В.М.Савинов, В.К.Беляков. -М.: 1975. -254 с.
9. Тугов И.И., Кострыкина Г.И. Химия и физика полимеров. -М.: 1989. -432 с.
10. Годовский Ю.К. Теплофизические методы исследования полимеров. -М.: 1976. -216 с.
11. Исследование эксплуатационных характеристик малонаполненного фенилона / Буря А.И., Арламова Н.Т., Буря А.А., Ильющенок В.В., Черский И.Н. // Трение и износ: -Гомель: АН Беларуси, 1986. -Т. 18, № 5. -С. 655-662.
12. Мулин Ю.А., Ярцев И.К. Пентапласт. -Л.: 1975. -120 с.
13. Буря А.И. Свойства и опыт применения углепластиков в сельхозмашиностроении. Метод. Рекомендации. -Киев: Знание, 1992. -28 с.
14. Детали из полимерных композитов для подвижных сочленений машин и механизмов: Каталог технических решений в с/х производстве. -Винница: 1990. -С. 39.
15. Липатов Ю.С., Е.В.Лебедев, Безрук Л.И. О влиянии малых полимерных добавок на свойства полимеров // Физико-химические свойства и структура полимеров: АН УССР. -Киев: Наук. думка, 1977. -С. 3-11.