

ПРЕПРИНТ

Гресь А.Е.

На тему: «Снижение температуры отверждения бензоксазин-фталонитрильных связующих для перспективных углепластиков авиационного назначения»

Аннотация: В работе исследована возможность снижения температуры отверждения высокотемпературных фталонитрильных связующих за счет создания смесевых композиций с бензоксазином и применения кислотного катализатора. Показано, что оптимальное соотношение компонентов и введение 2 мас.% бензойной кислоты позволяет снизить температуру начала отверждения на 20°C. Разработан технологический режим получения углепластика методом порошкового напыления и термопрессования, обеспечивающий получение материала с температурой стеклования 212°C.

Введение

Развитие авиационной и космической техники требует создания полимерных композиционных материалов (ПКМ), сочетающих высокую теплостойкость и механические свойства. Фталонитрильные связующие обладают выдающейся термостабильностью, но их применение ограничено высокой температурой отверждения. Одним из путей решения этой проблемы является создание гибридных бензоксазин-фталонитрильных систем, позволяющих снизить температуру полимеризации без значительной потери термических характеристик. Целью данного исследования являлась разработка и оптимизация состава и режима отверждения таких связующих для получения перспективных углепластиков.

Методы и материалы

В качестве объектов исследования использовали бензоксазин на основе бисфенола А (ВА-а) и твердое фталонитрильное связующее. Порошковые композиции получали сплавлением компонентов в соотношении 50:50 с последующим измельчением. В качестве катализатора применяли бензойную кислоту в концентрациях от 0.5 до 4 мас.%. Процесс отверждения изучали методами ДСК, ИК-спектроскопии и масс-спектрометрии. Реологические свойства и температуру стеклования определяли на динамическом механическом анализаторе DMA Q800.

Основные результаты:

1. **Кинетика отверждения:** ДСК-анализ показал, что введение бензоксазина в состав фталонитрильного связующего снижает температуру начала его отверждения. Добавление 2 мас.% бензойной

кислоты вызывает дополнительный сдвиг на 20°C в область низких температур за счет каталитического раскрытия оксазинового кольца.

- 2. Механизм отверждения:** ИК-спектроскопия подтвердила протекание двух параллельных процессов: полимеризации с раскрытием оксазинового кольца (уменьшение пика 947 см⁻¹) и полимеризации нитрильных групп (уменьшение пика 1716 см⁻¹). Образующиеся при раскрытии кольца фенольные структуры действуют как катализаторы для циантримеризации.
- 3. Термомеханические свойства:** После отверждения композиция с 2% катализатора демонстрирует температуру стеклования 212°C, что является высоким показателем для гибридных систем.
- 4. Технология получения углепластика:** Разработана методика изготовления сухих препрегов методом электростатического напыления порошкового связующего на углеткань с последующей консолидацией при 110°C. Подобран режим термопрессования (давление 3 бар, температура 160–220°C), позволяющий снизить максимальную температуру формования на 30°C по сравнению с чистым фталонитрилом.

Заключение

Проведенные исследования демонстрируют эффективность подхода использования бензоксазин-фталонитрильных композиций с кислотным катализатором для снижения энергозатрат при производстве высокотемпературных углепластиков. Полученные материалы перспективны для применения в ответственных конструкциях авиационной техники, работающих в условиях повышенных термических нагрузок. Дальнейшие исследования будут направлены на оптимизацию прочностных характеристик и долговечности полученных композитов.

Ключевые слова: бензоксазин, фталонитрил, углепластик, отверждение, катализатор, температура стеклования, термопрессование.