Секція: НОВІ МАТЕРІАЛИ, МІЦНІСТЬ І ДОВГОВІЧНІСТЬ ЕЛЕМЕНТІВ КОНСТРУКЦІЙ

УДК 667.64:678.026

А.В. Акимов
Херсонская государственная морская академия, Украина

ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЭПОКСИДНОЙ СМОЛЫ, ОТВЕРЖДАЕМОЙ ПОЛИЭТИЛЕНПОЛИАМИНОМ С ДОБАВЛЕНИЕМ ТРИХЛОРЭТИЛФОСФАТА

A.V. Akimov

PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF EPOXY RESIN SOLIDIFICATION POLYETHYLENEPOLYAMINE WITH THE ADDITION OF TRICHLOROETHYL

К наиболее широко применяемым термореактивным связующим относятся эпоксидные полимеры. Такие материалы имеют сложную трехмерную молекулярную структуру, которая обеспечивает полимеру высокую жесткость, хорошую теплостойкость и стойкость к действию агрессивных сред. Между тем, как полимеры, имеющие сетчатую структуру, они характеризуются невысокой ударной устойчивостью и низким сопротивлением к трещинообразованию. Основными недостатками эпоксидных полимеров являются легкая воспламеняемость и жесткость полимерной цепи, обусловливающая низкие устойчивость к статическому и динамическому изгибу.

Для снижения пожарной опасности помимо активных средств предупреждения и защиты от развития очага пожара в конструкции должна использоваться пассивная защита, затрудняющая возникновение и предотвращающая развитие очага пожара, т.е. должны применяться материалы, имеющие низкую пожарную опасность. Таким образом, создание полимерных материалов с пониженной горючестью и повышенными физико-механическими свойствами, которые применяются для защиты механического и энергетического оборудования, представляет собой весьма актуальную задачу. Это не только поиск оптимального замедлителя горения для конкретного материала и снижение его горючести, а также сохранение и улучшение всего комплекса свойств полимера.

На сегодня широко и эффективно используют композиционные материалы (КМ) на основе эпоксидиановой смолы ЭД-20 (ГОСТ 10587-84) и отвердителя полиэтиленполиамина ПЭПА (ТУ 6-05-241-202-78). Предварительно установлено, что оптимальным содержанием отвердителя ПЭПА для отверждения ЭД-20 является 10 масс.ч. отвердителя на 100 масс.ч. эпоксидиановой смолы.

Использование эпоксидных смол в различных отраслях техники в качестве клеев, огне- и коррозионностойких покрытий, компаундов и связующих в производстве КМ предопределяет поиск новых модифицирующих добавок для обеспечения эпоксидным композитам пониженной горючести и высоких деформационно-прочностных свойств, удовлетворяющих требованиям большинства отраслей промышленности. Снижение воспламеняемости и горючести полимеров и создание пожаробезопасных материалов для элементов энергетического оборудования – актуальная проблема, требующего неотложного решения.

Для снижения горючести эпоксидных полимеров, относящихся к классу карбонизующихся материалов, в качестве замедлителей горения эффективнее использовать фосфорсодержащие соединения, инициирующие процессы карбонизации. Как показал проведенный анализ, для решения поставленной проблемы в качестве

модифицирующих добавок можно использовать пластификатор-антипирен трихлорэтилфосфат (ТХЭФ), одновременно пластифицирующий эпоксидную матрицу и снижающий ее горючесть. В качестве отвердителя эпоксидного олигомера применяли полиэтиленполиамин (ПЭПА).

В связи с этим применение ТХЭФ, содержащего в своем составе ингибиторы горения, такие как фосфор P и хлор Cl, оказывает влияние на процессы структурования полимера при воздействии на него повышенных температур, что позволяет нивелировать недостатки эпоксидных полимеров – их легкую воспламеняемость и высокую горючесть.

Наличие в ТХЭФ ингибитора горения – фосфора P, может способствовать структурированию эпоксидного полимера и увеличивает коксообразование. Пиролиз ТХЭФ происходит в температурном интервале, близком к температуре разложения эпоксидного полимера, что обеспечивает влияние продуктов их разложения на деструкцию эпоксидной композиции, вследствие чего они становятся эффективными антипиренами для эпоксидного полимера.

При формировании матрицы с повышенными физико-механическими свойствами была установлена следующая последовательность гидродинамического совмещения и массовый состав компонентов. Сначала проводили гидродинамическое совмещение эпоксидного олигомера 100 масс.ч. ЭД-20 с пластификатором ТХЭФ (10, 20, 30 и 40 масс.ч.), затем их УЗО, после чего в полученный состав вводили отвердитель ПЕПА из расчета на концентрацию ЭД-20, а именно 10 масс.ч. Полученные в результате гидродинамического совмещения композиции выдерживали в течение времени τ =12 ч при комнатной температуре, после чего сшивали в термическом шкафу при наперед заданных температурах (в течение времени τ = 2 ч). После этого полученные образцы выдерживали τ = 24 ч при комнатной температуре, затем проводили исследование физико-механических свойств разработанных материалов.

Результаты предварительного исследования адгезионных свойств исследуемых композитов показали, что оптимальные их значение наблюдали при температурах сшивания T = 393 и T = 413 К.

На основе результатов экспериментальных исследований можно констатировать следующее.

1. Установлено оптимальное содержание пластификатора-антипирена трихлорэтилфосфата ТХЭФ (q = 10…20 масс.ч.) в эпоксидной матрице с улучшенными физико-механическими свойствами, состоящей из эпоксидного олигомера ЭД-20 (100 масс.ч.), отверждаемой полиэтиленполиамином ПЭПА (10 масс.ч.). В этом случае формируется материал со следующими свойствами: разрушающие напряжения при изгибе $\sigma_{зг}$ = 54,6…60,2 МПа, модуль упругости при изгибе E = 3,5…3,7 ГПа.

2. Дополнительно установлено, что показатели ударной вязкости композитов при введении в эпоксидный олигомер пластификатора ТХЭФ увеличиваются по сравнению с не пластифицированной эпоксидной матрицей в 1,3 раза. При этом максимальной способностью противодействовать ударной нагрузке и его трещиностойкости отличается композитный материал при содержании пластификатора q = 20 масс.ч., сформированный при температуре T = 393 К. Ударная вязкость такого композита составляет W = 9,3 кДж/м^2.

3. Ввиду незначительной разницы в значениях физико-механических показателей, полученных эпоксиполимеров с содержанием пластификатора q = 10 и q = 20 масс.ч. в интервале температур сшивания ΔT = 373…453 К выбрали оптимальную концентрацию ТХЭФ q = 10 масс.ч, что позволить сократить затраты на производство пластифицированных полимерных матриц.