

К ВОПРОСУ ОПТИМИЗАЦИИ ИНГРЕДИЕНТОВ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ЭПОКСИДИАНОВОЙ СМОЛЫ МЕТОДОМ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ

Букетов А.В., Акимов А.В., Зинченко Д.А., Сметанкин С.А.
Херсонская государственная морская академия г. Херсон, Украина
E-mail: denim102@bk.ru

Проведение экспериментальных исследований, связанных с оптимизацией состава защитных покрытий, являются, как правило, многофакторными (оптимизация свойств композитов и содержания наполнителей). Методы математической статистики позволяют адекватно оценить содержание нескольких наполнителей различной дисперсности с учетом технологических факторов, комплекса физико-механических, теплофизических свойств и показателей надежности.

Цель работы – методом математической статистики установить оптимальное содержание двухкомпонентного наполнителя различной физической природы и дисперсности.

В работе методом математической статистики определяли оптимальное содержание в композитном материале (КМ) наполнителей дисульфид молибдена (ДМ) с дисперсностью $d = 7 \dots 10$ мкм ($q = 60 \dots 80$ масс.ч.) (ТУ 48–19–133–90) и карбоната серебра (КС) с дисперсностью $d = 0,5$ мкм (ТУ 6–09–3743–74) ($q = 0,3 \dots 0,7$ масс.ч.) для формирования адгезионного и функционального слоев защитных покрытий. Для прогнозирования свойств и оптимизации содержания каждого наполнителя в КМ проводили статистическую обработку результатов экспериментальных исследований с помощью прикладного пакета STATGRAPHICS® Centurion XVI.

В процессе эксперимента было изучено влияние на физико-механические (модуль упругости при изгибе, E , ГПа; разрушающие напряжения при изгибе, $\sigma_{изг}$, МПа) и теплофизические (теплостойкость по Мартенсу, T , К, температура начала процесса деструкции, T_0 , К) свойства КМ двух факторов: содержания ДМ и КС.

Для определения значимости факторов использовали карты Парето и графики нормального вероятностного распределения, в результате чего получили следующие математические регрессионные модели:

$$E = -16,72 + 0,541q_1 + 10,18q_2 - 0,00332q_1^2 - 0,943q_2^2 - 0,125q_1q_2$$

$$\sigma_{изг} = 18,65 + 0,211q_1 - 32,13q_2 - 0,00199q_1^2 + 10,98q_2^2 + 0,413q_1q_2$$

$$T = 399,815 - 0,849q_1 - 16,89q_2 + 0,00466q_1^2 - 15,99q_2^2 + 0,625q_1q_2$$

$$T_0 = 653,9 - 1,038q_1 - 26,29q_2 + 0,00698q_1^2 + 8,251q_2^2 + 0,375q_1q_2$$

После получения полиномиальных уравнений регрессии, что связывают зависимые и независимые переменные, математическую модель оптимизировали с одновременным учетом всех откликов – показателей физико-механических и теплофизических свойств КМ с целью определения оптимального содержания наполнителей.

В результате проведенной оптимизации (рис. 1) для КМ получили максимальное значение обобщенной желательности $D_{opt} = 0,770$ (допустимый уровень качества).

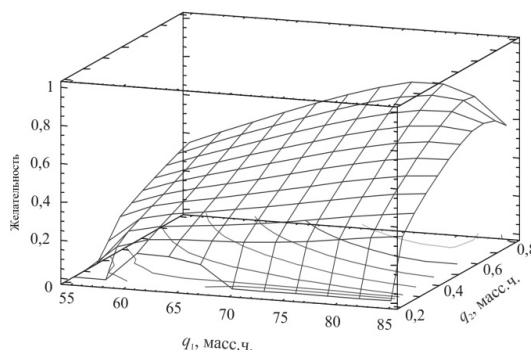


Рисунок 1. Поверхность желательности для откликов E , $\sigma_{изг}$, T и T_0 .

Выводы. Установлено оптимальное содержание наполнителей в эпоксидиановой смоле с улучшенными теплофизическими и физико-механическими свойствами методом математической статистики. Состав композита: эпоксидный олигомер ЭД-20 (100 масс.ч.), отвердитель ПЭПА (10 масс.ч.), дисульфид молибдена (78,7 масс.ч.), карбонат серебра (0,78 масс.ч.). Такой материал характеризуется следующими показателями: $\sigma_{изг} = 29,8$ МПа, $E = 5,25$ ГПа, $T = 377$ К, $T_0 = 623$ К.