

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРОЦЕНТНОГО СОДЕРЖАНИЯ КОМПОНЕНТОВ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА МАКСИМАЛЬНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ ПРИ СЖАТИИ

О. А. Лапко

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический  
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель М. И. Михайлов

Широкое распространение полимеров с особыми физико-механическими и функциональными свойствами приводит все к большему внедрению этих материалов в области машиностроения.

Целью данного исследования является изучение влияния процентного содержания компонентов композиционных материалов на основе эпоксидных смол на максимальное напряжение при сжатии.

Исследования прочностных свойств композиционного материала проводились в серии экспериментов при прикладывании сжимающей нагрузки. Испытания проводились на оборудовании INSTRON 5969 с предельной нагрузкой 50 кН [1]. Сжатие проводилось от нуля до определенной нагрузки, которую выдерживал образец.

Проведение исследования осуществлялось с применением ортогональных планов второго порядка [2]. В качестве варьируемых параметров принимались: содержание полиэфирной смолы; содержание наполнителя и его зернистость (табл. 1). В качестве критерия оптимизации использовалось максимальное напряжение образца при сжатии.

Центральный ортогональный план второго порядка составляли по известной методике полного факторного эксперимента типа  $k = 2^3$ , шести опытах в «звездных точках» и трех опытов в центре плана. Величина «звездного плеча» составила 1,215. Согласно плану эксперимента было проведено 17 опытов.

*Таблица 1*

### Факторы и уровни их варьирования

Факторы	Полиэфирная смола	Зернистость	Карбид кремния черный
Обозначение	$x_1$	$x_2$	$x_3$
+1,215	32,72	271,5	16
+1,00	31	250	15
0,00	23	150	10
-1,00	15	50	5
1,215	13,28	28,5	4

В качестве математической модели было выбрано уравнение второго порядка следующего вида:

$$Y = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2 + a_3X_3 + a_{12}X_1X_2 + a_{13}X_1X_3 + a_{23}X_2X_3 + a_{11}X_1^2 + a_{22}X_2^2 + a_{33}X_3^2.$$

Матрица планирования приведена в табл. 2.

Таблица 2

Матрица планирования эксперимента

№	$x_0$	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_1x_2$	$x_1x_3$	$x_2x_3$	$x_1^2$	$x_2^2$	$x_3^2$
1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	0,27	0,27	0,27
2	+1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	0,27	0,27	0,27
3	+1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	0,27	0,27	0,27
4	+1	-1	-1	+1	+1	-1	-1	0,27	0,27	0,27
5	+1	+1	+1	-1	+1	-1	-1	0,27	0,27	0,27
6	+1	-1	+1	-1	-1	+1	-1	0,27	0,27	0,27
7	+1	+1	-1	-1	-1	-1	+1	0,27	0,27	0,27
8	+1	-1	-1	-1	+1	+1	+1	0,27	0,27	0,27
9	+1	+1,215	0	0	0	0	0	0,75	-0,73	-0,73
10	+1	-1,215	0	0	0	0	0	0,75	-0,73	-0,73
11	+1	0	+1,215	0	0	0	0	-0,73	0,75	-0,73
12	+1	0	-1,215	0	0	0	0	-0,73	0,75	-0,73
13	+1	0	0	+1,215	0	0	0	-0,73	-0,73	0,75
14	+1	0	0	-1,215	0	0	0	-0,73	-0,73	0,75
15	+1	0	0	0	0	0	0	-0,73	-0,73	-0,73
16	+1	0	0	0	0	0	0	-0,73	-0,73	-0,73
17	+1	0	0	0	0	0	0	-0,73	-0,73	-0,73

По полученным значениям напряжений производились вычисления согласно известной методике [2], далее получили уравнение регрессии в кодированном виде:

$$Y = 89,66 - 4,338X_1 - 8,288X_2 - 6,611X_3 - 2,413X_1X_2 - 4,438X_1X_3 - \\ - 2,063X_2X_3 + 4,360X_3^2.$$

Проверку гипотезы об адекватности модели выполняли по критерию Фишера. В данном случае при  $k_1 = 15 - 3 - 1 = 11$ ;  $k_2 = 3 - 1 = 2 = 2$  и 95%-ном уровне значимости,  $F_T = 19,4$ . Расчетные значения критерия Фишера составили  $F = 15,909$ . Значит, полученное уравнение регрессии адекватно описывает процесс в пределах исследуемой области.

После проведения статистической обработки результатов эксперимента, преобразовав модель из кодированного вида, получили:

$$Y = 103,1 + 1,022x_1 + 0,03x_2 + 0,11x_3 - 0,003x_1x_2 - 0,11x_1x_3 - 0,004x_2x_3 + 0,174x_3^2.$$

Графические изображения для исследуемых факторов представлены на рис. 1.

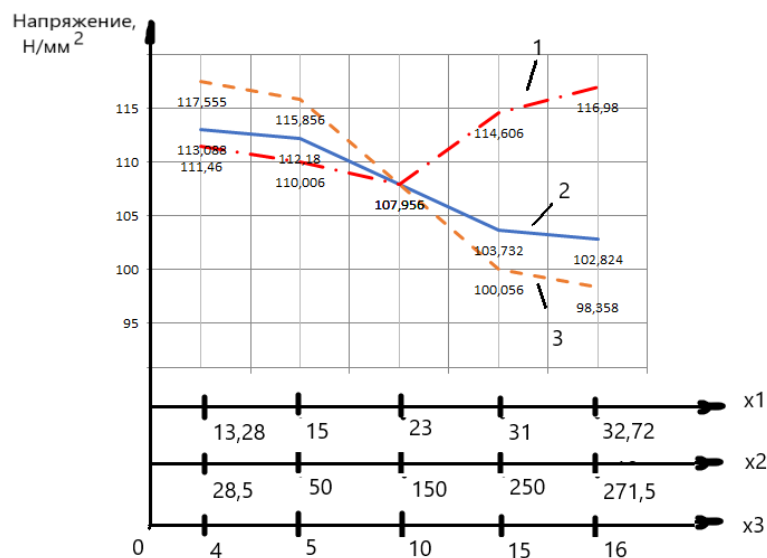


Рис. 1. График зависимости напряжения образца:  
1 – от содержания карбида кремния; 2 – содержания полиэфирной смолы; 3 – зернистости

Разработана методика анализа состава композиционного материала, модифицированного полиэфирной смолой с абразивным наполнителем, позволяющая оптимизировать составы композиционных материалов.

Установлено влияние содержания полиэфирной смолы, абразивного наполнителя и его зернистости на максимальное напряжение при сжимающей нагрузке.

#### Литература

1. Михайлов, М. И. Исследование свойств модифицированных эпоксидных композитов / М. И. Михайлов, О. А. Лапко // Вестн. Гомел. гос. техн. ун-та им. П. О. Сухого. – 2021. – № 2 (85). – С. 28–34.
2. Михайлов, М. И. Основы научных исследований и инновационной деятельности : учеб. пособие / М. И. Михайлов ; М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2017. – 399 с.

## МАГНИТНО-АБРАЗИВНАЯ ОБРАБОТКА ЛИСТОВОГО ПРОКАТА ИЗ НЕМАГНИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

А. А. Крупа

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель Д. Л. Стасенко

Широкое применение листового проката в различных отраслях машиностроения требует постоянного совершенствования методов обработки. Одним из перспективных методов является магнитно-абразивная обработка (МАО). Существенное влияние на производительность и качество МАО оказывают физико-механические, химические свойства и форма порошков, выполняющих функцию режущего инструмента, а также режимы обработки и сила магнитного поля [1].