

ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА ПОКРЫТИЯ ТВЕРДОСПЛАВНЫХ ПЛАСТИН СБОРНОГО ИНСТРУМЕНТА

А. Е. Лобанов, О. Л. Мохарева

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

Научный руководитель М. И. Михайлов

Использование сборного инструмента в машиностроении ставит проблемы обеспечения его жесткости, прочности и виброустойчивости. Как известно, жесткость и виброустойчивость инструмента зависят, в основном, от характера контакта между режущей пластиной и корпусом инструмента. Одним из способов улучшения условий контакта является нанесение на базовые грани пластины фрикционных полимерных покрытий. В процессе резания эти покрытия подвергаются воздействию переменных нормальных сил и сил трения, а также значительному градиенту температур. Поэтому при разработке состава покрытия необходим учет адгезионной прочности его взаимодействия с гранями пластины.

Целью работы явилось определение оптимального состава фрикционного покрытия базовых граней твердосплавных пластин, обеспечивающего максимальную адгезионную прочность.

Было исследовано покрытие, в состав которого входили: эпоксидная смола (ЭД-40), полиэфирная смола (ПЭ-265), полиамид (Л-20), ускоритель, наполнитель (карбид кремния зеленый), инициатор, 3 % раствор парафиноستيрила. В качестве варьируемых параметров были приняты: содержание (мас.ч.) полиэфирной смолы, наполнителя и отвердителя – пластификатора.

Планирование эксперимента по составу покрытия осуществлялось с применением рототабельных планов второго порядка. Оценку прочности адгезионного соединения полимер – металл производили по значению силы отрыва покрытия от металла. Исследуемые образцы имели цилиндрическую форму и соединялись полимером встык (торцами). Для закрепления на испытательной машине на образцах выполнялись головки Т-образной формы.

В качестве материала многогранных сменных пластин использовался твердый сплав марок Т15К6 и ВК8. Уровни факторов и интервалы варьирования выбирались по результатам предварительных поисковых экспериментов. Матрицы эксперимента представлены в табл. 1, 2.

Таблица 1

Матрица эксперимента для сплава Т15К6

Уровни	Факторы				Адгезия 10 МПа		
	1,682	102	41	105			
1	70	35	85				
0	50	25	55				
-1	30	15	25				
-1,682	10	9	5				
Интервал	0	20	10	30			
№ опыта	1	+	+	+	17,41	17,317	17,1
	2	-	+	+	20,6	20,001	19,12
	3	+	-	+	1,68	1,777	1,601
	4	-	-	+	1,6	1,504	1,811
	5	+	+	-	18,15	18,401	18,2
	6	-	+	-	21,3	21,203	21
	7	+	-	-	1,3	1,39	1,58
	8	-	-	-	1,11	1,6	1,7
	9	1,682	0	0	6,87	6,96	6,28
	10	0	1,682	0	29,91	29,95	29,97
	11	0	0	1,682	6,48	6,38	6,6
	12	-1,682	0	0	7,99	7,93	7,84
	13	0	-1,682	0	6,89	6,92	6,87
	14	0	0	-1,682	7,01	7,43	7,62
	15	0	0	0	6,81	6,59	6,5
	16	0	0	0	6,548	6,55	6,79
	17	0	0	0	6,9013	6,58	6,68
	18	0	0	0	6,72	6,53	6,5
	19	0	0	0	6,895	6,59	6,6
	20	0	0	0	6,589	6,56	6,82

Таблица 2

Матрица эксперимента для сплава ВК8

Уровни	Факторы				Адгезия 10 МПа		
	1,682	102	41	105			
1	70	35	85				
0	50	25	55				
-1	30	15	25				
-1,682	10	9	5				
интервал	0	20	10	30			
№ опыта	1	+	+	+	9,402	9,55	9,61
	2	-	+	+	12,617	12,72	12,5
	3	+	-	+	1,007	0,9079	1,12
	4	-	-	+	1,002	1,195	1,246
	5	+	+	-	9,661	9,674	9,84
	6	-	+	-	12,812	12,727	12,81
	7	+	-	-	0,986	0,916	0,896
	8	-	-	-	1,201	1,202	1,375
	9	1,682	0	0	3,58	3,471	3,68
	10	0	1,682	0	17,042	16,342	16,281
	11	0	0	1,682	4,1494	4,031	4,43
	12	-1,682	0	0	5,76	5,771	5,498
	13	0	-1,682	0	0,338	0,238	0,31
	14	0	0	-1,682	4,45	4,156	3,902
	15	0	0	0	4,521	4,657	4,4
	16	0	0	0	4,401	4,315	4,62
	17	0	0	0	4,406	4,43	4,326
	18	0	0	0	4,106	4,03	4,004
	19	0	0	0	4,707	4,05	4,181
	20	0	0	0	4,37	4,021	4,112

Составы покрытия для опытов в центре плана приведены в табл. 3.

Таблица 3

Составы покрытия

Содержание компонента			Адгезия $F \cdot 10^5$ МПа
ПЭ-265	Пластификатор	Наполнитель	
50	25	55	67,5

В качестве математической модели было выбрано уравнение следующего вида:

$$Y = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i * x_i + b_{12} * x_1 * x_2 + b_{13} * x_1 * x_3 + \dots + b_{im} * x_i * x_m + \dots + b(k-1)k * x(k-1) * x_k + \sum_{i=1}^k b_i * x_i$$

Для описания поверхности отклика моделью второго порядка недостаточно ограничиваться информацией о варьировании факторов только на двух уровнях. Наиболее экономичными и представительными являются планы, в которых происходит варьирование факторов на пяти уровнях. Эти пять уровней кодируются символами: $-\alpha$ – нижняя граница варьирования; -1 – нижний уровень интервала варьирования; 0 – основной уровень фактора; $+1$ – верхний уровень интервала варьирования; $+\alpha$ – верхняя граница варьирования. Абсолютное значение α называется «звездным плечом» и рассчитывается по формуле:

$$\alpha = 2^{k/4},$$

где k – число варьируемых факторов.

При $k = 3$, $\alpha = 1,682$, а математическая модель имеет следующий вид:

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_{12}X_1X_2 + b_{13}X_1X_3 + b_{23}X_2X_3 + b_{11}X_1^2 + b_{22}X_2^2 + b_{33}X_3^2$$

Центральный рототабельный план второго порядка составлялся по известной методике полного факторного эксперимента шести опытов в «звездных точках» и шести опытов в центре плана.

В результате обработки экспериментальных данных были получены следующие уравнения регрессии:

для сплава Т15К6

$$Y = 7,635 + 0,0422X_1 - 0,963X_2 + 0,0195X_3 - 0,00346X_1X_2 - 0,0011X_2X_3 + 0,000165X_1^2 + 0,04X_2^2;$$

для ВК8

$$Y = -0,111 + 0,00905X_1 - 0,0842X_2 - 0,0036X_1X_2 + 0,041X_1X_3 + 0,00043X_1^2 + 0,01514X_2^2.$$

Была проведена оценка адекватности математической модели. Проверка гипотезы об адекватности математической модели второго порядка осуществлялась по критерию Фишера. При этом находили расчетное значение критерия по формуле:

$$F_p = S_{ад}^2 / S_y^2;$$

т. к. расчетное значение критерия Фишера для сплава Т15К6 $F_p = 7,2$, для сплава ВК8 – $F_p = 1,68$ не превышает табличное, то модель считается адекватной с принятым уровнем достоверности.

Результаты регрессионного анализа представлены на рис. 1, 2.

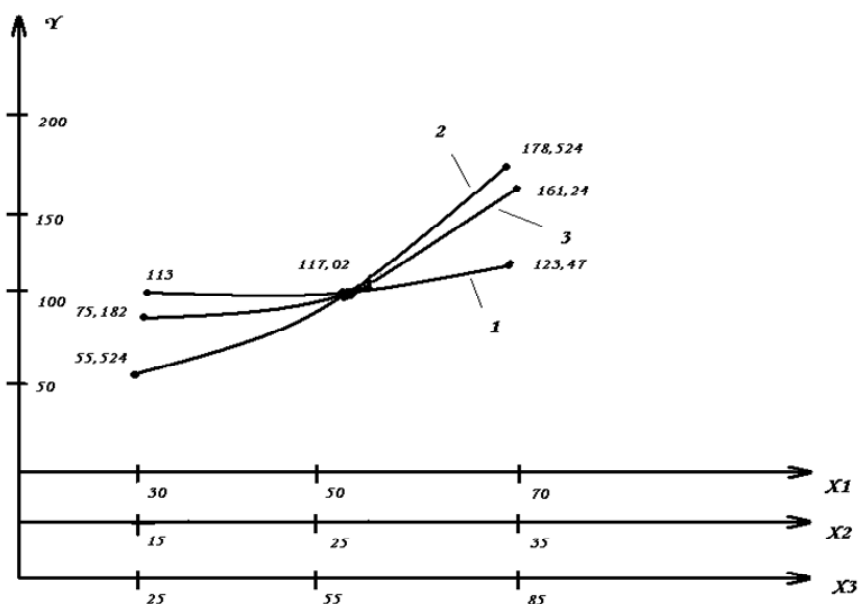


Рис. 1. Кривые зависимости факторов от мат. модели для сплава ВК8

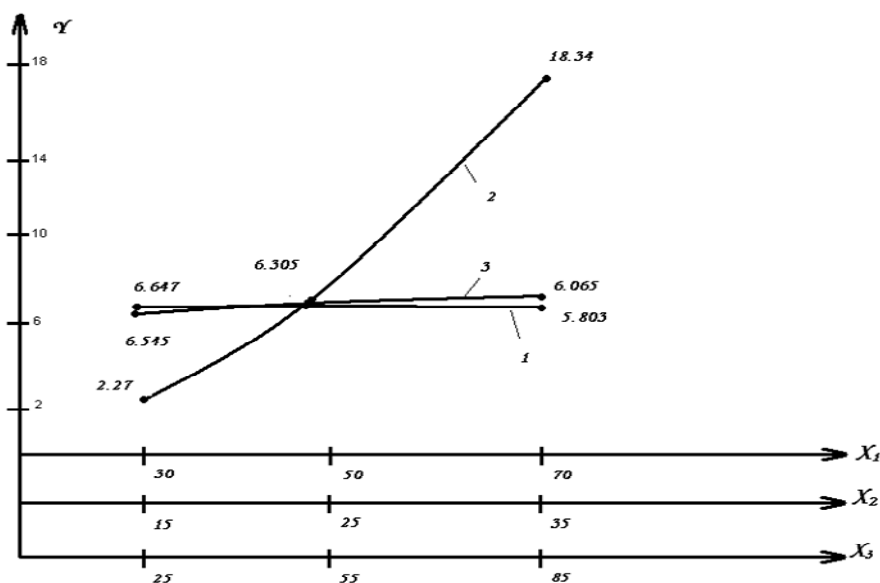


Рис. 2. Кривые зависимости факторов от мат. модели для сплава Т15К6

Рассматривая в совокупности влияние всех составляющих, были выведены максимальные по адгезии покрытия: для сплава Т15К6 – ПЭ-265-80, пластификатор – 40, наполнитель – 100 (мас. ч). Для сплава ВК8 – ПЭ-265-50, пластификатор – 40, наполнитель – 55 (мас. ч).

Л и т е р а т у р а

1. Кане, М. М Основы научных исследований в технологии машиностроения / М. М. Кане. – Минск : Выш. шк., 1987.