

Оптимизация режима термической обработки посадочных отверстий корпусных деталей автотракторной техники, восстановленных композицией эластомера Ф-40

Р.И. Ли, д-р техн.наук, профессор,
А.А. Колесников, аспирант
(ФГБОУ ВПО Липецкий ГТУ,
тел. 8(4742) 32-80-88, e-mail: romanlee@list.ru)

***Аннотация.** Приведены результаты многофакторного эксперимента и регрессионная модель зависимости прочности пленок полимерного композиционного материала на основе эластомера Ф-40 от температуры и времени термической обработки. Проведена оптимизация регрессионной модели и определено оптимальный режим термической обработки состава полимерного композиционного материала на основе эластомера Ф-40.*

***Ключевые слова:** восстановление, эластомер, прочность, деформация, долговечность.*

Восстановление изношенных деталей позволяет значительно снизить затраты на ремонт машин и оборудования, повысить его надежность. Опыт передовых предприятий показывает, что восстановление изношенных деталей современными прогрессивными технологиями позволяет значительно сократить простои машин и оборудования, увеличить межремонтный срок службы, уменьшить расход запасных частей [1...4].

При восстановлении посадочных отверстий подшипников эластомерами значительно увеличивается ресурс подшипниковых узлов и корпусных деталей. Введение наполнителей в полимер повышает теплопроводность композиции, благодаря чему улучшается теплоотвод от подшипникового узла, позволяет добиться снижения податливости опор и, соответственно, увеличения предельно допускаемой толщины полимерного покрытия при восстановлении посадочных отверстий в корпусных деталях. Важную роль в формировании оптимальных деформационно-прочностных свойств материала играет термическая обработка.

Цель эксперимента – исследование влияния температуры и времени отверждения на деформационно-прочностные свойства пленок полимерной композиции на основе эластомера Ф-40 и разработка в дальнейшем технологии восстановления изношенных посадочных мест подшипников качения данным материалом.

Образцы представляли собой пленки прямоугольной формы 60×15×0,6 мм термообработанные при различных режимах. Расчетная длина образцов составляла 40 мм. При изготовлении пленок использовали пластину 200×160×4 мм из фторопласта-4 в качестве подложки. Прямоугольную форму и геометрические размеры пленки обеспечивали при помощи рамки-трафарета 180×140×0,8 мм из стали 3 с тремя окнами для пленок. Внутренние размеры окон – 80×20 мм. Рамку накладывали на фторопластовую пластину и заполняли ее, нанося послойно композицию на основе эластомера Ф-40 волосяной кистью №5. После заполнения рамки поверхность покрытия формовали фторопластовой пластиной с целью обеспечения равномерной толщины полимерной пленки. После отверждения образцы кондиционировали в течение 16 ч при стандартной атмосфере 23 0С [5].

Предельные отклонения размеров образцов не превышали по длине и ширине $\pm 0,1$ мм.

Испытания образцов осуществляли на разрывной машине ИР 5047-50 с одновременной записью диаграммы «нагрузка-деформация». Масштаб нагрузки М:1мм = 1,6 Н, масштаб деформации М1:1. Скорость нагружения при испытаниях была постоянной и составляла 5 мм/мин.

В качестве функции отклика Y приняли разрушающее напряжение σ_{δ} , МПа, а независимыми факторами: x_1 – температуру термической обработки, оС, x_2 – время отверждения, ч. В табл. 1. представлены уровни и интервалы варьирования факторов.

Таблица 1

Уровни и интервалы варьирования факторов

Наименование фактора	Кодированное обозначение фактора	Уровни варьирования фактора			Интервал варьирования фактора ΔX_i
		нижний $X_{ин}$	нулевой $X_{но}$	верхний $X_{ив}$	
Температура, °С Время, ч	X_1	100	120	140	20
	X_2	2	2,5	3	0,5

В табл. 2 представлена матрица планирования и результаты эксперимента.

Таблица 2

Матрица планирования и результаты эксперимента

№ п/п	X_1	X_2	y_1	y_2	y_3	\bar{y}_g	\hat{y}_i	S_g^2
1	-1	-1	2,57	2,54	2,58	2,56	2,49	0,0004
2	+1	-1	3,82	3,02	4,62	3,82	3,81	0,64
3	-1	+1	2,93	2,8	2,49	2,74	2,75	0,0511
4	+1	+1	3,86	4,84	3,11	3,94	4,0001	0,7526
5	-1	0	2,82	2,76	3,03	2,87	2,92	0,0201
6	+1	0	4,22	4,14	4,39	4,25	4,2	0,0163
7	0	-1	6,29	6,33	6,37	6,33	6,41	0,0016
8	0	+1	6,09	8	6,03	6,71	6,63	1,2554

Регрессионный анализ результатов многофакторного эксперимента по плану В2 осуществляли в соответствии с методикой [6].

Проверку однородности дисперсий выполняли по критерию Кохрена. Гипотеза об однородности и дисперсии принимается, так как экспериментальные данные не отвергают гипотезу: $G_p = 0,4586 < G_t = 0,5157$.

После расчета коэффициентов регрессии выполнили оценку их значимости по t - критерию Стьюдента. Все коэффициенты регрессии значимы.

Уравнение регрессии в кодированных значениях:

$$Y = 6,8133 + 0,6389 X_1 + 0,1116 X_2 - 0,0150 X_1 X_2 - 3,2533 \tilde{\sigma}_1^2 - 0,295 \tilde{\sigma}_2^2 \quad (1)$$

где X_i – кодированное значение i-го фактора.

Уравнение регрессии в натуральных единицах:

$$Y = -121,62 + 1,9877 x_1 - 5,9432 x_2 - 0,0015 x_1 x_2 - 0,0081 \tilde{\sigma}_1^2 - 1,18 \tilde{\sigma}_2^2 \quad (2)$$

Проверку адекватности уравнения регрессии выполняли по критерию Фишера. Условие адекватности ($F_p < F_t$) соблюдается: $F_p = 0,08 < F_t = 2,85$.

Регрессионная модель адекватна.

На рис. 1. показана поверхность отклика регрессионной модели.

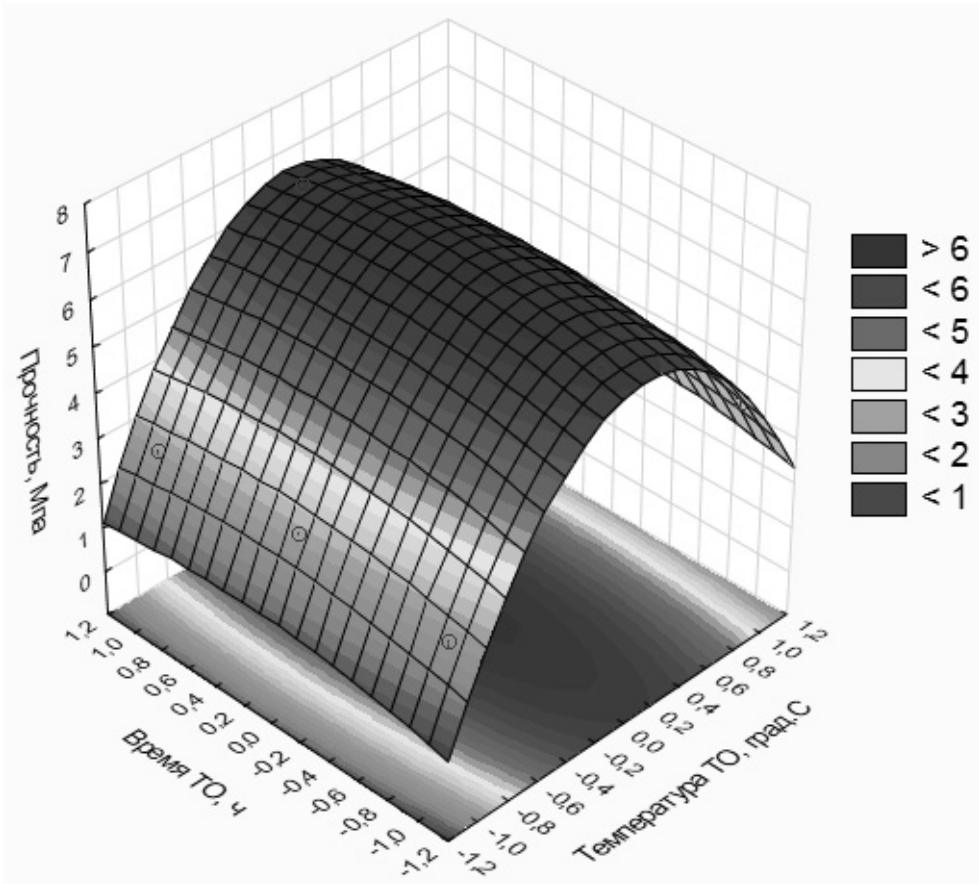


Рис. 1. Зависимость прочности пленок композиции на основе эластомера Ф-40 от температуры и времени термической обработки

Для оптимизации функции отклика и определения области оптимума критерия оптимизации провели каноническое преобразование регрессионной модели. Координаты экстремума функции отклика определили путем взятия частных производных по каждому фактору из системы уравнений, приравнивания при этом выражения к нулю

$$\begin{cases} 0,6389 - 0,015 \cdot \tilde{\delta}_2 - 2 \cdot 3,25 \cdot \tilde{\delta}_1 = 0 \\ 0,1116 - 0,015 \cdot \tilde{\delta}_1 - 2 \cdot 0,295 \cdot \tilde{\delta}_2 = 0 \end{cases} \quad (3)$$

Определены координаты экстремума функции отклика $y_S = 7,255$ МПа при $x_{1S} = 119,8^\circ\text{C}$, $x_{2S} = 2,69$ ч.

После определения коэффициентов B11 и B22 уравнение регрессии в канонической форме приняло вид:

$$Y - \underline{7,9} = -0,0215X_1^2 - 0,6051X_2^2 \quad (4)$$

Придавая различные значения критерию оптимизации в каноническом уравнении, получили уравнения кривых равного значения критерия оптимизации, по которым строили двумерное сечение поверхности отклика (рис. 2.).

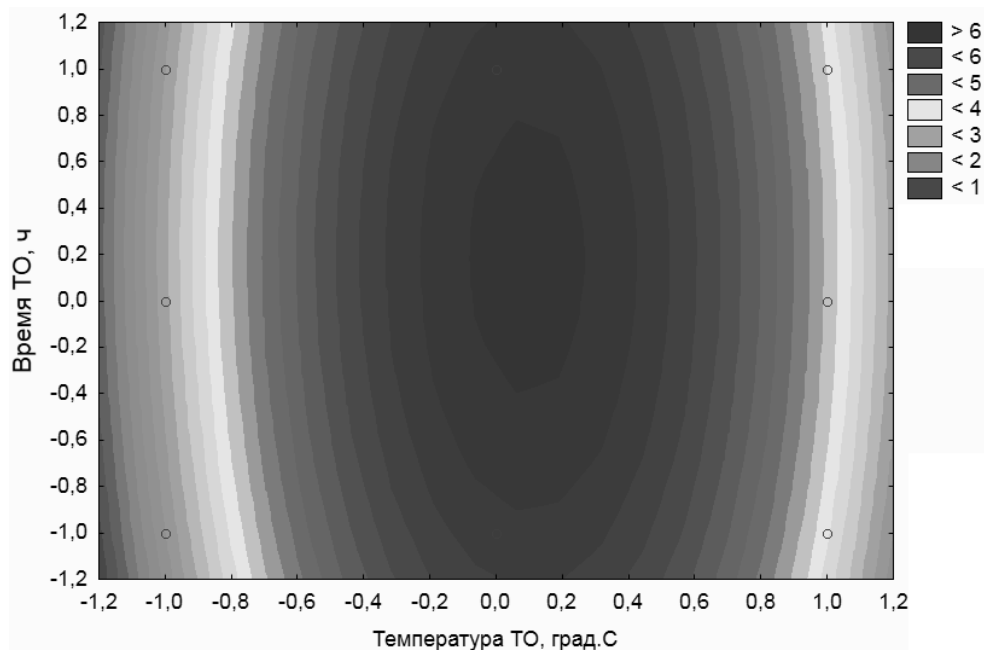


Рис. 2. Двумерное сечение поверхности отклика

Выводы

1. Получена регрессионная модель зависимости прочности пленок композиции на основе эластомера Ф-40 от температуры и времени термической обработки.

2. Определен оптимальный режим термической обработки состава композиции на основе эластомера Ф-40. Максимальной прочностью 7,255 МПа обладают пленки композиции, термообработанные при температуре $T=120$ С, продолжительностью $t = 2,5$ ч.

Литература

1. Кононенко, А.С. Адгезионная прочность герметиков и наноконпозиций на их основе [Текст] / А.С. Кононенко, С.М. Гайдар // Ремонт. Восстановление. Модернизация. – ISSN 1684-2561. – 2011. – № 6. – С. 38–42.
2. Жачкин, С.Ю. Восстановление деталей машин композитным хромовым покрытием: монография / С.Ю. Жачкин. Воронеж: ГОУВПО «Воронежский государственный технический университет», 2009. 177 с.
3. Kolomeichenko A.V., Kuznetsov I.S., Kravchenko I.N. Investigation of the thickness and microhardness of electrospark coatings of amorphous and nanocrystalline alloys / Welding International. 2015. T. 29. №10. С. 823-825.
4. R. I. Li, A.V. Butin, S. P. Ivanov, D. V. Mashin. A promising polymer composite material for increasing the efficiency of recovery of basic parts of automotive engineering. ISSN 1995_4212, Polymer Science, Series D. Glues and Sealing Materials, 2014, Vol. 7, No. 3, pp. 233–237.
5. ГОСТ 12423-66. Пластмассы. Условия кондиционирования и испытания образцов (проб) [Текст]. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 6 с.
6. Ли, Р.И. Основы научных исследований [Текст]: Учеб. Пособие (гриф УМО вузов по университетскому политехническому образованию) / Р.И. Ли // Липецк: Изд-во ЛГТУ, 2013. – 190 с.

Optimization of heat treatment of planting holes body parts automotive vehicles, restored the elastomer composition of the f-40

Lee R.I., doctor of the technical sciences, professor;
Kolesnikov A.A., post-graduated student
Lipetsk state technical University, Lipetsk (Russia)
8(4742) 32-80-88, email: romanlee@list.ru

Annotation: *Results of multiple-factor experiment and regression model of dependence of durability of films of polymeric composite material on the basis of elastomer F-40 from temperature and time of heat treatment are given. Optimization of regression model is performed and the optimum mode of heat treatment of composition of polymeric composite material on the basis of elastomer F-40 is defined.*

Keywords: *restoration, elastomer, durability, deformation, durability.*

References

1. Kononenko, A.S. Adhesion and sealant compositions based on them [Text] / A. S. Kononenko, S. M. Gaidar // Repair. Recovery. Mo-ing. – ISSN 1684-2561. – 2011. – № 6. – P. 38-42.
2. Jackin, S.Y. Restoration of machine parts composite chrome-covering: monograph / S. Yu Jackin. Voronezh: GOUVPO “the Voronezh state technical University”, 2009. 177 С.
3. Kolomeichenko A.V., Kuznetsov I.S., Kravchenko I.N. Investigation of the thickness and microhardness of electrospark coatings of amorphous and nanocrystal-line alloys / Welding International. 2015. T. 29. No. 10. P. 823-825.
4. R.I. Li, A.V. Butin, S.P. Ivanov, D.V. Mashin. Polymer composite A promising material for increasing the efficiency of recovery of basic parts of automotive engineering. 1995_4212 ISSN, Polymer Science, Series D. Glues and Sealing Materials, 2014, Vol. 7, No. 3, pp. 233-237.
5. GOST 12423-66. Plastic. Conditions conditioning and testing of samples (samples) [Text]. – М.: Publishing house of standards, 1989. – 6 S.
6. Lee, R.I. Fundamentals of scientific research [Text] : Textbook. Posobie (Grif UMO of higher education institutions for University Polytechnic education) / R. E. Lee // Lee-peck : Publishing house Istu, 2013. – 190 p.