

Impact Factor:

ISRA (India) = 6.317
ISI (Dubai, UAE) = 1.582
GIF (Australia) = 0.564
JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912
ПИИЦ (Russia) = 3.939
ESJI (KZ) = 8.771
SJIF (Morocco) = 7.184

ICV (Poland) = 6.630
PIF (India) = 1.940
IBI (India) = 4.260
OAJI (USA) = 0.350

SOI: [1.1/TAS](#) DOI: [10.15863/TAS](#)

International Scientific Journal Theoretical & Applied Science

p-ISSN: 2308-4944 (print) e-ISSN: 2409-0085 (online)

Year: 2024 Issue: 05 Volume: 133

Published: 25.05.2024 <http://T-Science.org>

Issue

Article



M.M. Shalamberidze

Akaki Tsereteli State University
Doctor of Technical Science, Professor,
Faculty of Technological Engineering,
Kutaisi, Georgia

OPTIMIZATION OF POLYMER COMPOSITIONS FOR THE BOTTOM OF SHOES

Abstract: The article presents the results of the study of the influence of the quantitative content of latent reinforcement on the strength of polymer composite materials. It was experimentally proven that the quantitative ratio of hidden reinforcement significantly affects the strength of polymer composite materials for the lower part of shoes, the optimal values of which are reached by weight of 3.16 parts. Reinforcement at 100 parts by weight polymer.

Key words: latent hardener, polymeric composite materials, shoe bottom.

Language: Russian

Citation: Shalamberidze, M. M. (2024). Optimization of polymer compositions for the bottom of shoes. *ISJ Theoretical & Applied Science*, 05 (133), 101-104.

Soi: <http://s-o-i.org/1.1/TAS-05-133-21> **Doi:**  <https://dx.doi.org/10.15863/TAS.2024.05.133.21>

Scopus ASCC: 1508.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПОЛИМЕРНОЙ КОМПОЗИЦИЙ ДЛЯ НИЗА ОБУВИ

Аннотация: В статье приведены результаты исследований влияния количественного содержания латентного отвердителя на прочность полимерных композиционных материалов. Экспериментальным путем доказано, что количественное соотношение латентного отвердителя существенно влияет на прочность полимерных композиционных материалов для низа обуви, оптимальные значения которых достигается при 3,16 мас.ч. отвердителя на 100 мас.ч. полимера.

Ключевые слова: латентный отвердитель, полимерные композиционные материалы.

Введение

Экспериментальный метод создания полимерной композиций для низа обуви заключается в подборе оптимального содержания каждого компонента и определении технологических характеристик процесса термоструктурирования [1-10]. Учитывая технические характеристики латентного отвердителя (температура активации) сформулировали задачу исследования, как поиск оптимального значения следующих факторов: количества отвердителя x_1 , температура активации x_2 и время активации x_3 , при которых прочность подошвенных материалов была максимальной:

$$y = f(x_1, x_2, x_3) \quad (1)$$

Объекты исследования.

В ходе эксперимента использовали латентный отвердитель, который представляет собой структурирующий агент - соединение, проявляющее свою активность при температуре 120-160⁰С. В эксперименте использовали также полимерные композиционные материалы на основе бутадиен-стирольных полимеров СКС-30. Химическая активность БС каучуков определяется содержанием и типом двойных связей в бутадиеновых звеньях. Кроме основных агентов в композицию добавляли наполнители, пластификаторы и другие композиты.

Экспериментальная часть.

Согласно [11-12] и экспериментальным исследованиям, зависимость прочности

Impact Factor:

ISRA (India) = 6.317
ISI (Dubai, UAE) = 1.582
GIF (Australia) = 0.564
JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912
ПИИЦ (Russia) = 3.939
ESJI (KZ) = 8.771
SJIF (Morocco) = 7.184

ICV (Poland) = 6.630
PIF (India) = 1.940
IBI (India) = 4.260
OAJI (USA) = 0.350

полимерных композиции от вышеуказанных факторов носит нелинейный характер. Поэтому было принято решение о построении математической модели в виде полинома второго порядка с тремя переменными. Для построения подобной регрессии данного эксперимента использовали метод регрессионного анализа:

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i x_i + \sum_{ij=1}^k b_{ij} x_i x_j + \sum_{j=1}^k b_{ii} x_i^2 + \dots, \quad (2)$$

где x_1 – количество отвердителя; x_2 – температура активации; x_3 – время активации; Y – прочность полимерных материалов (МПа).

Расчет коэффициентов уравнений регрессий (2) A_i производили с помощью рабочей матрицы.

Коэффициенты регрессий имеют следующие значения:

$A_0 = 3,91434 \cdot 10^3$	$A_1 = -57,37696$
$A_2 = -5,46578 \cdot 10^3$	$A_3 = -921,55117$
$A_4 = -2,34081$	$A_5 = 2,59643 \cdot 10^3$
$A_6 = 70,14183$	$A_7 = 60,07176$
$A_8 = 13,7685$	$A_9 = 833,0279$
$A_{10} = 0,42749$	$A_{11} = -419,33279$
$A_{12} = -2,19317$	$A_{13} = -0,12534$
$A_{14} = -2,75877$	$A_{15} = -26,90296$
$A_{16} = -0,17437$	$A_{17} = -7,08371$
$A_{18} = -194,86982$	$A_{19} = -7,0558$

Таким образом, модель (2) с коэффициентами A_j имеет следующий вид:

$$y = 3,91434 \cdot 10^3 - 57,37696 x_1 - 5,46578 \cdot 10^3 x_2 - 921,55117 x_3 - 2,34081 x_1^2 + 2,59643 \cdot 10^3 x_2^2 + 70,14183 x_3^2 + 60,07176 x_1 x_2 + 13,7685 x_1 x_3 + 833,0279 x_2 x_3 + 0,42749 x_1^3 - 419,33279 x_2^3 - 2,19317 x_1^2 x_2 - 0,12534 x_1^2 x_3 - 2,75877 x_3^3 - 26,90296 x_2 x_3^2 - 0,17437 x_1 x_3^2 - 7,08371 x_1 x_2^2 - 194,86982 x_2^2 x_3 - 7,0558 x_1 x_2 x_3 \quad (3)$$

Значимость коэффициентов регрессий (3) оценивали по критерию Стьюдента, однородность дисперсии проверяли с помощью критерия Кохрена, а адекватность модели (3) по критерию Фишера [11-12]. Критерии Кохрена и Фишера приводятся ниже:

$$K_k = 0,72 \\ K_\phi = 0,52$$

Для всех экспериментов критерий Фишера не превосходит 1 и доверительная вероятность составляет 0,95.

Таким образом, был сделан вывод о том, что полученная модель (3) адекватна эксперименту. На основании полученной модели можно сказать, что в рамках экспериментального пространства все факторы значимые и оказывают влияние на прочность бутадиен-стирольных каучуков с латентным отвердителем, о чем свидетельствуют наличие членов регрессии, содержащих x_1 , x_2 и x_3 .

На основании имеющейся информации о виде регрессии, дальнейшую работу направили к решению второй задачи исследования – нахождению оптимальных условия проведения процесса структурирования.

Согласно общей методике нахождения экстремума [11-12], точки максимума функции отклика определяли с помощью системой уравнения (4), а сама система уравнения имеет следующий вид:

$$-4,68162 x_1 + 60,07176 x_2 + 13,7685 x_3 + 1,28248 x_1^2 - 4,38634 x_1 x_2 - 0,25068 x_1 x_3 - 0,17437 x_3^2 - 7,08371 x_2^2 - 7,0558 x_2 x_3 - 57,37696 = 0$$

$$5,19286 \cdot 10^3 x_2 + 60,07176 x_1 + 833,0279 x_3 - 1257,99837 x_2^2 - 2,19317 x_1^2 - 26,90296 x_3^2 - 14,16742 x_1 x_2 - 389,73964 x_2 x_3 - 7,0558 x_1 x_3 - 57,37696 = 0$$

$$140,28366 x_3 + 13,7685 x_1 + 833,0279 x_2 - 0,12534 x_1^2 - 8,27631 x_3^2 - 53,80592 x_2 x_3 - 0,34874 x_1 x_3 - 194,86982 x_2^2 - 7,0558 x_1 x_2 - 921,55117 = 0 \quad (4)$$

Нелинейную систему уравнений (4) решали методом Ньютона – Канторовича, которой присущи вполне достаточная устойчивость и сходимость.

Для корней этой системы вычисляли значения функции отклика:

$$y_{\max}(x_1^*, x_2^*, x_3^*) = 44,87 \text{ МПа.}$$

$$x_1^* = 3,16 \text{ количество отвердителя, мас. ч.}$$

$$x_2^* = 170,6^\circ\text{C, температура активации.}$$

$$x_3^* = 3,60 \text{ мин., время активации.}$$

На рис. 1 представлена графическая интерпретация математической модели эксперимента в правых декартовых системах координат, в которых по вертикальной оси отложены натуральные значения функции (3) и соответствующие линии уровней построенных поверхностей.

Impact Factor:

ISRA (India) = 6.317	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 1.582	ПИИЦ (Russia) = 3.939	PIF (India) = 1.940
GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 8.771	IBI (India) = 4.260
JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 7.184	OAJI (USA) = 0.350

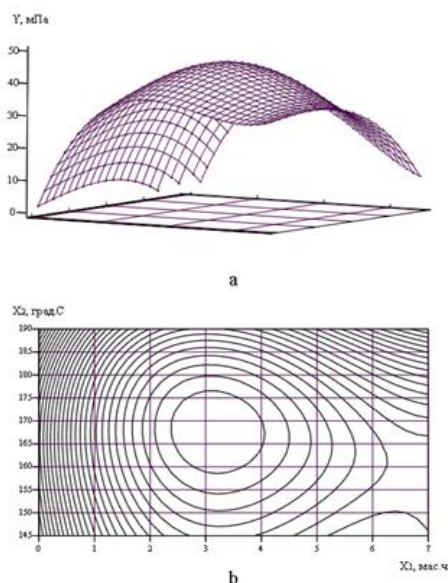


Рис.1.зависимость прочности бутадиен-стирольных каучуков от количество отвердителя и температуры активации материалов

Выводы: Таким образом, количественные характеристики, полученные в ходе эксперимента могут быть использованы для описания свойств реальных полимерных материалов сшитой структуры. Экспериментальным методом найденные оптимальные значения факторов,

влияющие на прочность полимерной композиций для низа обуви, были заложены в основу технологии приготовления и применения резиновой смеси на основе бутадиен-стирольных каучуков с латентным отвердителем.

References:

1. Shalamberidze, M.M., & Polukhina, L.M. (2002). Patent # 2189768. *Polimernaya kompozitsiya dlya niza obuvi. A 43 V 13/04, S 08 L 9/06*. Byul. # 27 ot 27. 09. 2002.
2. Dogadkin, B.A., Donczov, A.A., & Shershnev, V.A. (1981). *Khimiya e`lastomerov*. (p.373). Moscow: Khimiya.
3. Gajdadin, A.N., Petryuk, I.P., Maly`sheva, Zh.N., & Kablov, V.F. (2002). Osobennosti povedeniya e`lastomerov pri vy`sokotemperaturnom vozdejstvii. *Kauchuk i rezina*. 2002, # 4, pp. 2-3.
4. Shalamberidze, M.M., & Sokhadze, Z.P. (2018). Study of composition and optimization of technological factors of the structuring process of butadiene-nitrile polymers with latent hardener. *International Scientific Journal. Theoretical & Applied Science*, 2018, vol. 63, №7, pp.164-169. Philadelphia USA. DOI: <https://dx.doi.org/10.15863/TAS.2018.07.63.26>
5. Shalamberidze, M. M. (2018). Development of new composite materials based on the synthetic rubbers. *International Scientific Journal. Theoretical & Applied Science*, 2018, vol. 62, №6, pp.166-170. PhiladelphiaUSA. Doi: <https://dx.doi.org/10.15863/TAS.2018.06.62.30>
6. Shalamberidze, M. M. (2018). Investigation of the density of the spatial grid of synthetic structured butadiene-styrene rubbers for the bottom of orthopedic footwear. *International Scientific Journal. Theoretical & Applied Science*, 2018, vol. 62, №6, pp.171-175. Philadelphia USA. DOI: <https://dx.doi.org/10.15863/TAS.2018.06.62.31>
7. Shalamberidze, M. (2017). Investigation of temperature and relaxation transitions of

Impact Factor:

ISRA (India) = 6.317
ISI (Dubai, UAE) = 1.582
GIF (Australia) = 0.564
JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912
ПИИИ (Russia) = 3.939
ESJI (KZ) = 8.771
SJIF (Morocco) = 7.184

ICV (Poland) = 6.630
PIF (India) = 1.940
IBI (India) = 4.260
OAJI (USA) = 0.350

- structured butadiene-styrene thermoelastoplastes for the bottom of orthopedic footwear. *Slovak international scientific journal*. №9 (9), 2017, pp. 3-5. Bratislava.
8. Shalamberidze, M., Tatvidze, M., & Lomtadze, N. (2016). Investigation of the process of structuring styrene-butadiene rubbers spectral analysis. *Scientific enquiry in the contemporary world: theoretical basiss and innovative approach*. Research articles 8th edition. Technical science. Doi: http://doi.org/10.15350/L_26/8 pp.250-254. B&M Publishing San-Francisco, 2016. California, USA.
 9. Shalamberidze, M., Tatvidze, M., & Lomtadze, N. (2016). The development of polymer compositions basedon styrene-butadiene thermoplastic elastomers with a latent curing agent for orthopedic shoes. *Theoretical basiss and innovative approach*. Research articles 8th edition. Technical science. Doi: http://doi.org/10.15350/L_26/8 p.255-259. B&M Publishing San-Francisco, 2016. California, USA.
 10. Shalamberidze, M., & Tatvidze, M. (n.d.). "Thermal analysis of polymer composite materials for the bottom of orthopedic shoes". *Pressing issues and priorities in development of the scientific and technological complex*. Research articles, 2nd edition. L 17., pp.87-91. B&M.
 11. Tihomirov, V.V. (1974). *Planirovanie i analiz eksperimenta pri provedenii issledovaniy v legkoj promyshlennosti*. (p.262). Moscow: Legkaya industriya.
 12. Ahnazarova, S.L., & Kafarov, V.V. (1985). *Optimizaciya eksperimenta v himii i himicheskoj tekhnologii*. (p.327). Moscow: Vysshaya shkola.