

4. Fedorov V., Uhlig T., Wagner G. Investigation of fatigue damage in aluminum/stainless steel brazed joints // *Weld. World. Welding in the World.* – 2018. – Vol. 62, № 3. – P. 609–616.
5. Schubert E. et al. Light-weight structures produced by laser beam joining for future applications in automobile and aerospace industry // *J. Mater. Process. Technol.* – 2001. – Vol. 115, № 1. – P. 2–8.
6. Martinsen K., Hu S.J., Carlson B.E. Joining of dissimilar materials // *CIRP Ann. Manuf. Technol.* – 2015. – Vol. 64, № 2. – P. 679–699.
7. Fedorov V. et al. Microstructural study of Al-Ag-Cu-Si filler metal for brazing high-strength aluminum alloys to stainless steel // *Metals (Basel).* – 2020. – Vol. 10, № 12. – P. 1–8.
8. Dai W. et al. Torch brazing 3003 aluminum alloy with Zn-Al filler metal // *Trans. Nonferrous Met. Soc. China.* – 2012. – Vol. 22, № 1. – P. 30–35.
9. Лякишев Н.П. Диаграммы состояния двойных металлических систем: Справочник: В 3 томах: Том 3. – М.: Машиностроение. – 2000. – 448 с.
10. Akdeniz M. V., Mekhrabov A.O. The effect of substitutional impurities on the evolution of Fe-Al diffusion layer // *Acta Mater.* – 1998. – Vol. 46, № 4. – P. 1185–1192.
11. Cheng W.J., Wang C.J. Effect of silicon on the formation of intermetallic phases in aluminide coating on mild steel // *Intermetallics.* Elsevier Ltd. – 2011. – Vol. 19, № 10. – P. 1455–1460.
12. Roulin M. et al. Strength and structure of furnace-brazed joints between aluminum and stainless steel // *Weld. J.* – 1999. – Vol. 78, № 5.
13. Schubert T. et al. Preparation and phase transformations of melt-spun Al-Ge-Si brazing foils // *J. Mater. Sci.* – 1997. – Vol. 32, № 8. – P. 2181–2189.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ИСКУССТВЕННЫХ КОЖ

В.Д. Борозна

Витебский государственный технологический университет, Витебск, Беларусь; wilij@mail.ru

Цель работы — прогнозирование величин циклической формоустойчивости и интенсивности потери формы искусственной кожи (ИК) для верха обуви.

Материалы и методы исследования. В качестве объектов исследования выбраны ИК различных структур, применяемые в обувной промышленности. Для расчета математических зависимостей воспользуемся принятыми положениями в указанной в работе [1] и получим математическую модель в виде:

$$\Phi_n = \frac{n}{a_0 + a_1 n}, \quad (1)$$

где Φ_n — динамическая формоустойчивость ИК; a_0, a_1 — параметры модели; n — число циклов нагружения, циклы.

параметры модели:

$$a_0 = \frac{n_1}{\Phi_1}, a_1 = \frac{1}{\Phi_{кр}}. \quad (2)$$

где Φ_1 — суммарная высота складок равное при первом фиксированном числе циклов нагружения, мм; $\Phi_{кр}$ — критическое значение суммарной высоты складок, мм; n_1 — первое фиксированное число циклов нагружения ($n = 1000$ циклам).

Параметр a_1 модели имеет размерность $(\%)^{-1}$ и характеризуется предельное изменение остаточного удлинения при проведении усталостных испытаний на многократное нагружение.

Параметр a_0 модели является темповым показателем, определяющий темп нарастания относительного удлинения в материале на начальном этапе циклического нагружения в процессе многократного нагружения.

Для проверки адекватности математической модели проведены исследования динамической формоустойчивости в зависимости от высоты образования складок. Испытания проводятся со скоростью изгиба образца 102 цикла в минуту, значения показателей определяют после 1 тыс., 2 тыс., 3 тыс., 4 тыс., 5 тыс., 10 тыс., 20 тыс., 50 тыс., 100 тыс. и 150 тыс. циклов изгиба. Количество циклов было выбрано из тех соображений, что человек в среднем совершает 5000—6000 шагов в сутки. Установлено, что в течение 14 суток обувь приформовывается к стопе, то есть образуются устойчивые складки на поверхности кожи в средней части союзки обуви [2].

Измерение высоты складок проводили с помощью чертежно-графического редактора системы трехмерного твердотельного моделирования КОМПАС-3D. Для определения коэффициента складкообразования отсканированные образцы загружали в программное обеспечение и определяли высоту складок.

Результаты и их обсуждение. На основании результатов экспериментальных исследований произведена численная оценка параметров эмпирической математической модели (1) для пяти ИК в продольном направлении: «Однослойная ИК коричневая, арт. М1042-36», «Однослойная ИК серая, арт. М1042-26», «Двухслойная ИК арт. Hongxin 11022-16», «Met lack т-синий» и «Эко-кожа». В табл. 1 приведены результаты расчета

параметров модели (1) для исследуемых ИК. Параметры модели определяли методом наименьших квадратов с помощью программы «Maple».

Таблица 1. Параметры математической модели (4.1) взаимосвязи циклической формоустойчивости и количества циклов нагружения

| Наименование ИК | Параметры математической модели (4.14) | | Величина достоверности модели R^2 |
|--|--|-------|-------------------------------------|
| | a_0 | a_1 | |
| Однослойная ИК коричневая, арт. М1042-36 | 389,93 | 0,29 | 0,88 |
| Однослойная ИК серая, арт. М1042-26 | 160,32 | 0,22 | 0,88 |
| Двухслойная ИК арт. Hongxin 11022-16 | 81,57 | 0,09 | 0,94 |
| Met lack т-синий | 167,74 | 0,15 | 0,94 |
| Эко-кожа | 167,78 | 0,16 | 0,80 |

Проверка адекватности моделей производилась с помощью критерия Фишера при уровне значимости 5 %:

- для «Однослойной ИК коричневая, арт. М1042-36» $F_{расч.} = 1,06$, $F_{табл.} = 2,4$;
- для «Однослойной ИК серая, арт. М1042-26» $F_{расч.} = 1,07$, $F_{табл.} = 2,4$;
- для «Двухслойная ИК арт. Hongxin 11022-16» $F_{расч.} = 1,06$, $F_{табл.} = 2,4$;
- для «Metlack т-синий» $F_{расч.} = 1,06$, $F_{табл.} = 2,4$;
- для «Эко-кожа» $F_{расч.} = 1,11$, $F_{табл.} = 2,4$.

Для всех моделей наблюдаемое значение критерия Фишера меньше критического, что указывает на адекватность математической модели результатам эксперимента с доверительной вероятностью 0,95. На рис. 1 представлены зависимости величины циклической формоустойчивости от длительности нагружения, полученные экспериментальным путем.

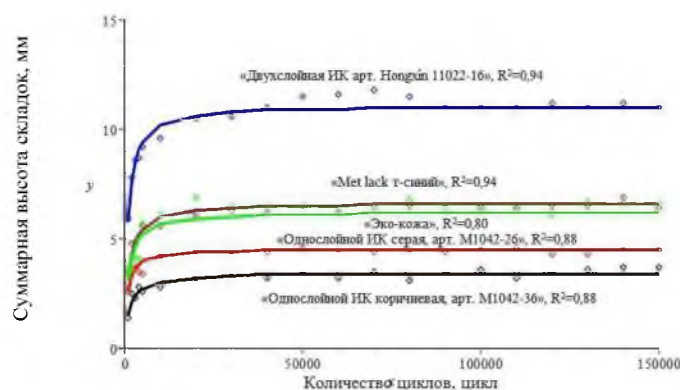


Рис. 1. Зависимость циклической формоустойчивости от числа циклов нагружения проб

В результате проведенных исследований показана возможность прогнозирования циклической формоустойчивости ИК по результатам кратковременных испытаний. В зависимости от структуры ИК необходимо различное количество циклов нагружения. Для ИК, имеющих замшеподобную структуру, достаточно определять циклическую формоустойчивость при 5 тыс. циклов. На ИК с лицевой поверхностью (2-хслойные) постоянное количество складок образуется при 10 тыс. циклов.

1. Кузнецов А.А., Ольшанский В.И. Оценка и прогнозирование механических свойств текстильных нитей. – Витебск: УО «ВГТУ». - 2004
2. Зыбин Ю.П. Конструирование изделий из кожи. – М.: Легкая и пищевая промышленность. – 1982