

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ПОЛИМЕРНЫХ ПОКРЫТИЙ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ ТРАКТОРОВ И АВТОМОБИЛЕЙ ИЗ РАСТВОРА ЭЛАСТОМЕРА Ф-40 ПРИ ИНФРАКРАСНОЙ СУШКЕ

д.т.н. Ли Р.И., Сафонов В.Н.

Липецкий государственный технический университет

8(4742)32-80-88, romanlee@list.ru

Инфракрасная сушка лакокрасочных покрытий автомобилей получила достаточно широкое применение при окраске. Однако вопрос инфракрасной термической обработки покрытий из раствора эластомера Ф-40 не изучен. В статье представлена методика и результаты экспериментальных исследований дефектности покрытий корпусных деталей тракторов и автомобилей из раствора эластомера Ф-40 при различных способах сушки, деформационно-прочностных свойств пленок эластомера Ф-40 от режима инфракрасной обработки, приведен ее оптимальный режим. Цена корпусных деталей узлов и агрегатов тракторов и автомобилей значительно превышает цену других типовых деталей и в значительной мере формирует цену агрегатов и машины в целом. Эти детали являются базисными и ресурсными, определяющими срок службы всего агрегата. Одной из основных причин выбраковки корпусных деталей является износ посадочных отверстий под подшипники вследствие фреттинг-коррозии. Нанесение полимерных покрытий на поверхность отверстий позволяет значительно увеличить допуск при растачивании отверстий в процессе изготовления новых корпусных деталей, а также повысить ресурс неподвижных соединений подшипников и исключить появление фреттинг-коррозии. Применение терморadiационного способа сушки покрытий на основе эластомеров позволяет снизить дефектность покрытия в 1,43 раза по сравнению с конвективным способом. В работе определен оптимальный режим инфракрасной сушки пленок эластомера Ф-40 (температура $T = 140^{\circ}\text{C}$, время $t = 9$). Установлено, что инфракрасная сушка по сравнению с конвективным способом обеспечивает увеличение прочности материала в 1,42 раза, уменьшение температуры термической обработки на 20°C , времени на 1 ч, что подтверждает снижение энергозатрат.

Ключевые слова: корпусная деталь, эластомер, инфракрасное излучение, подшипник, покрытие, дефект, качество.

Введение

Цена корпусных деталей значительно превышает цену других типовых деталей и в значительной мере формирует цену агрегатов и машины в целом. Эти детали являются базисными, ресурсными деталями, которые в основном определяют срок службы всего агрегата. Одной из основных причин выбраковки корпусных деталей является износ посадочных отверстий под подшипники вследствие фреттинг-коррозии. Нанесение полимерных покрытий на поверхность отверстий позволяет значительно увеличить допуск при растачивании отверстий в процессе изготовления новых корпусных деталей, а также повысить ресурс неподвижных соединений подшипников и исключить появление фреттинг-коррозии [1–2].

На сегодняшний день технология нанесения полимерных покрытий на посадочные места корпусных деталей имеет ряд недостатков. При конвективной сушке полимерных покрытий имеет место пористость и различные дефекты поверхности, что негативно влияет на качество отвержденного покрытия. На основании изучения применяемых в настоящее время в промышленности способов сушки полимерных покрытий для исследований выбран терморadiационный способ сушки инфракрасными лучами. Этот способ отличается компактностью установок, высокой скоростью сушки, низкими энергозатратами и себестоимостью. Способ обеспечивает более высокое качество покрытия за счет уменьшения числа и размеров дефектов поверхности.

Цель исследования

Цель исследования – экспериментальная оценка качества полимерных покрытий из раствора эластомера Ф-40 при инфракрасной сушке лакокрасочных покрытий автомобилей.

Методика экспериментальных исследований

В экспериментальных исследованиях были поставлены следующие задачи:

- оценка количества и размеров дефектов покрытия, полученного терморadiационным способом;
- оценка деформационно-прочностных свойств пленок из эластомера Ф-40, полученных терморadiационным способом, и определение оптимального режима термической обработки.

Возникновение дефектов в покрытиях эластомеров определяется следующими факторами:

- способом сушки;
- качеством нанесения покрытия;
- качеством механической обработки поверхности подложки;
- темпом нагрева покрытия.

Количество и размер дефектов покрытия напрямую влияет на деформационно-прочностные свойства покрытия и, как следствие, на ресурс подшипникового узла.

Качество полимерного покрытия оценивали визуально в соответствии с ГОСТ 9.407-84 [3]. В качестве образцов использовали подшипниковые щиты электродвигателей 4А112-2 с диаметром посадочных отверстий 80 мм.

Перед нанесением покрытия из раствора эластомера Ф-40 поверхности посадочных от-

верстий щитов двукратно обезжиривали ацетоном с последующим просушиванием в течение 5 минут. Эластомер послойно наносили на поверхность посадочного отверстия кистью №5.

Термическую обработку щитов с покрытиями проводили при температуре 180°C в течение 3 ч. Температуру в 180°C для одного из щитов обеспечивали в шкафу сушильном СНОЛ-3.5,3.5,3.5/3. Для другого щита сушку проводили при помощи лабораторной экспериментальной установки, показанной на рис.1. Она состоит из двух инфракрасных излучателей включающих в себя отражатели QTSR и лампы QTS мощностью 750 Вт, установленные на опорах. Температуру на поверхности пленок контролировали пирометром ADA TemPro 550.

После термической обработки образцы кондиционировали в течение 16 ч при нормальной атмосфере [4]. В соответствии с ГОСТ 9.407-84 визуально определяли число пузырьков на покрытии, их размеры и площадь разрушенного покрытия. Для этого на поверхности с нанесенным покрытием выбирали 3 участка площадью 1 см², находящихся под углом 120° друг относительно друга и на расстоянии 10 мм от края поверхности.

После подсчета площади разрушенного покрытия и размера пузырей в соответствии с ГОСТ 9.407-84 покрытию присваивалось обозначение.

По результатам исследования влияния способа термической обработки на качество получаемого полимерного покрытия на подшипниковых щитах электродвигателя 4А112-2 получили площадь разрушенного покрытия и



Рис. 1. Экспериментальная установка

размер пузырьков. Площадь разрушенного покрытия в соответствии с ГОСТ 9.407-84 вычисляли по формуле:

$$C = \frac{n_1}{n_2} \cdot 100,$$

где n_1 – площадь разрушенного покрытия; n_2 – общая площадь выбранного участка покрытия.

Деформационно-прочностные свойства полимерных пленок из раствора эластомера после инфракрасной сушки оценивали прочностью при одноосном растяжении пленок σ_p и относительным удлинением ε_p [5].

За основу методики исследования принята методика, описанная в работе [5], в которую внесены изменения, обусловленные иным способом сушки.

В качестве образцов изготовили образцы пленок прямоугольной формы размером 60×15×0,15 мм с расчетной длиной 40 мм. При изготовлении пленок в качестве подложки использовали пластину из стали 3 (рис. 2) размерами 200×160×4 мм. Для обеспечения формы и геометрических размеров пленки использовали рамку-трафарет 1 размерами 200×160×0,8 мм из стали 3 с тремя окнами для пленок. Длина и ширина окон соответствовали геометрическим размерам пленки. На стальную подложку 2 укладывали лист пищевой фольги 3 ГОСТ 745-2003 размерами 200 ×160×0,11 мм и затем на нее устанавливали рамку-трафарет, которую скрепляли с подложкой шестью болтовыми соединениями 4. Болтовые соединения использовали для исключения затекания материала под рамку, а также для последующего

закрепления рамки с подложкой на штативе. Далее рамку заполняли эластомером Ф-40, нанося послойно покрытие волосяной кистью № 5. Размеры образцов по длине и ширине находились в пределах $\pm 0,1$ мм.

Рамку-трафарет в сборе с подложкой устанавливали на штативе напротив излучателей. Используемая установка не отличалась от той, что применялась для оценки размера и количества дефектов покрытия.

Образцы испытывали на разрывной машине ИР 5047-50 с одновременной записью диаграммы «нагрузка-деформация». Нагружение образцов осуществляли с постоянной скоростью 50 мм/мин.

Прочность σ_p и относительное удлинение ε_p пленок рассчитывали по формулам [5]:

$$\sigma_p = \frac{F_p}{A_H},$$

где F_p – разрушающая нагрузка, Н; A_H – площадь поперечного сечения пленки, мм².

$$\varepsilon_p = \frac{\Delta l_o}{l_o} \cdot 100,$$

где l_o – расчетная длина пленки, мм; Δl_o – приращение длины пленки при разрушении, мм.

Результаты экспериментальных исследований

Количество пузырей в покрытиях эластомера Ф-40 после конвекционной и инфракрасной сушки показано на рис. 3.

Как следует из рис. 3, площадь разрушенного покрытия при конвективной сушке покрытия эластомера Ф-40 составляет $C_1 = 25,1\%$,

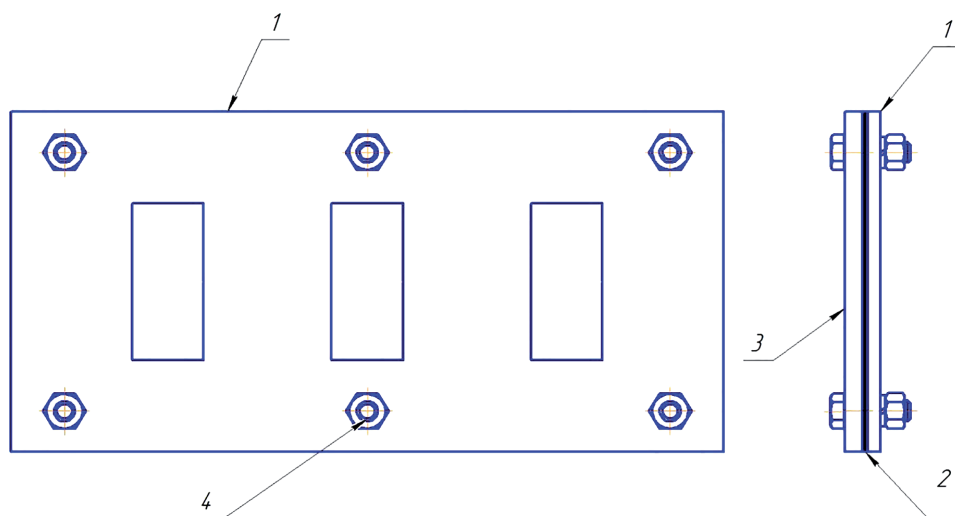


Рис. 2. Рамка-трафарет в сборе:

1 – рамка-трафарет; 2 – фольга; 3 – подложка; 4 – болтовое соединение

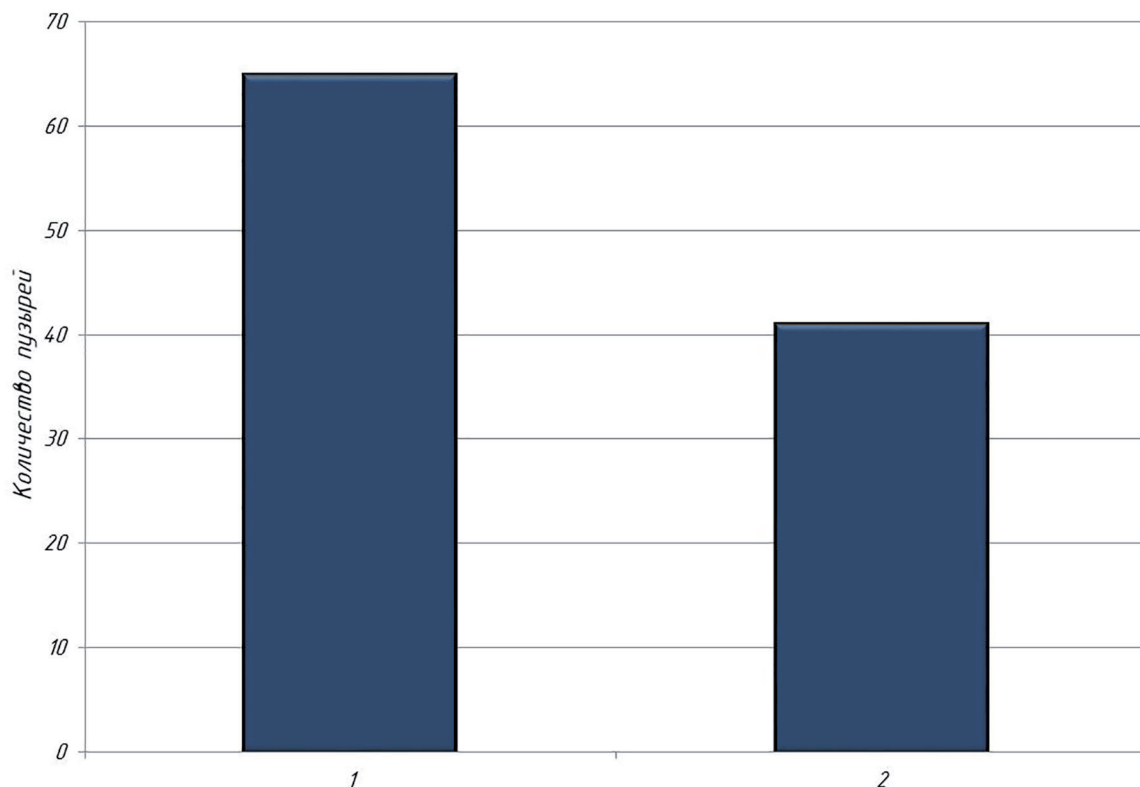


Рис. 3. Количество пузырей при различных способах термообработки:
1 – конвективная сушка; 2 – инфракрасная сушка

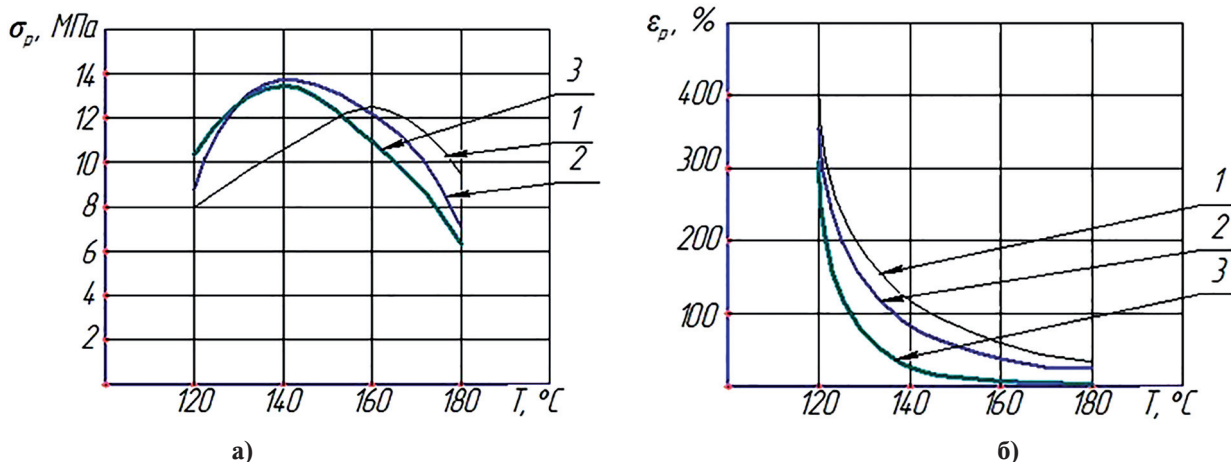


Рис. 4. Зависимость прочности σ_p (а) и деформации ε_p (б) пленок композиции эластомера Ф-40 от температуры отверждения T и времени отверждения t :

1 – время термообработки $t = 1$ ч; 2 – время термообработки $t = 2$ ч; 3 – время термообработки $t = 3$ ч

а при инфракрасной – $C_2 = 17,56\%$. Площадь разрушенного покрытия при инфракрасной сушке уменьшилась в 1,43 раза. Размеры возникающих пузырей примерно одинаковы при обоих типах термической обработки и находятся в пределах 0,5...0,7 мм.

В соответствии с ГОСТ 9.407-84 обозначение оценки покрытия при конвективной сушке будет выглядеть как П4/2, где П – условное обозначение вида разрушения, числитель – балл по площади разрушенного покрытия, знаменатель – балл по размеру разрушения.

Для поверхности, прошедшей инфракрасную сушку обозначение будет выглядеть как ПЗ/2.

Оценка деформационно-прочностных свойств пленок из эластомера Ф-40, полученных терморadiационным способом

Зависимость прочности и деформации пленок эластомера Ф-40 от температуры и времени инфракрасной сушки представлена на рис. 4.

С увеличением времени термической обработки от 1 до 3 ч при температуре 120°C прочность пленок увеличивается в 1,31 раза (от 8 до 10,5 МПа). При повышении температуры тер-

мической обработки до 140°C максимальная прочность 13,9 МПа наблюдается у пленок, обработанных в течение 2 ч. С увеличением времени термической обработки до 3 ч прочность пленок уменьшается до 13,45 МПа. Уменьшение прочности и деформации (рис. 4б) объясняется началом охрупчивания материала. При дальнейшем увеличении температуры термической обработки до 160°C охрупчивание материала усиливается, поэтому прочность снижается с 12,5 до 11 МПа, а деформация с 65 до 12% при увеличении времени обработки от 1 до 3 ч. Максимальное охрупчивание материала имеет место при температуре 180°C. Прочность и деформация с увеличением времени обработки резко снижаются и имеют минимальные значения 6,3 МПа и 8% при времени 3 ч.

Определен оптимальный режим инфракрасной сушки пленок эластомера Ф-40: температура $T = 140^\circ\text{C}$, время $t = 1$ ч. Максимальная прочность достигла показателя $\sigma_p = 13,9\text{ МПа}$, а деформация $\epsilon_p = 82\%$. Полученная прочность в 1,42 раза больше чем при оптимальном режиме конвекционной сушки (9,8 МПа), полученным в работе [6], а значения деформации практически аналогичны.

Выводы

Применение терморadiационного способа сушки покрытий на основе эластомеров позволяет снизить дефектность покрытия в 1,43 раза по сравнению с конвективным способом.

Определен оптимальный режим инфракрасной сушки пленок эластомера Ф-40: температура $T = 140^\circ\text{C}$, время $t = 1$ ч.

Инфракрасная сушка по сравнению с конвективным способом обеспечивает увеличение прочности материала в 1,42 раза, уменьшение температуры термической обработки на 20°C, времени – на 1 ч, что подтверждает снижение энергозатрат.

Литература

1. Ли Р.И. Применение полимерных материалов в подшипниковых узлах при изготовлении и ремонте машин. Мичуринск: Изд-во Мичуринского

госагроуниверситета, 2010. 160 с.

2. Ли Р.И. Восстановление неподвижных соединений подшипников качения сельскохозяйственной техники полимерными материалами: Дисс ... д-ра техн. наук. М., 2001, 340 с.
3. ГОСТ 9.407-84. Покрытия лакокрасочные. Метод оценки внешнего вида. М.: Изд-во стандартов, 1984. 8 с.
4. ГОСТ 12423-66. Пластмассы. Условия кондиционирования и испытания образцов (проб). М.: Изд-во стандартов, 1989. 6 с.
5. ГОСТ 14236-81. Пленки полимерные. Метод испытания на растяжение. М.: Изд-во стандартов, 1982. 10 с.
6. Ли Р.И., Машин Д.В., Кирсанов Ф.А., Колесников А.А. Оптимальный режим термической обработки модификации эластомера Ф-40 для восстановления корпусных деталей // Вестник МичГАУ. 2013. № 3. С. 80–83.

References

1. Li R.I. Primenenie polimernykh materialov v podshipnikovykh uzлах pri izgotovlenii i remonte mashin [The use of polymeric materials in the bearing assemblies during manufacture and repair of automobiles]. Michurinsk. Izd-vo Michurinskogo gosagrouniversiteta Publ., 2010, 160 p.
2. Li R.I. Vosstanovlenie nepodviznykh soedineniy podshipnikov kacheniya sel'skokhozyay-stvennoy tekhniki polimernymi materialami. Diss ... d-ra tekhn. nauk [Restoration of fixed joints of rolling bearings of agricultural machinery by polymeric materials. Dr. tekhn. sci. diss.]. Moscow, 2001, 340 p.
3. GOST 9.407-84. Paint coatings. Method for assessing visual appearance. Moscow, Standartinform Publ., 1984, 8 p.
4. GOST 12423-66. Plastics. Terms of conditioning and testing of samples. Moscow, Standartinform Publ., 1989, 6 p.
5. GOST 14236-81. Polymer films. Tensile test method. Moscow, Standartinform Publ., 1982, 10 p.
6. Li R.I., Mashin D.V., Kirsanov F.A., Kolesnikov A.A. The optimum heat treatment mode of modified F-40 elastomer for reconditioning of body parts. Vestnik MichGAU, 2013, No 3, pp. 80–83 (in Russ.).

EXPERIMENTAL STUDY OF POLYMER COATINGS QUALITY OF TRACTOR AND AUTOMOBILES BODY PARTS FROM THE ELASTOMER F-40 SOLUTION WITH INFRARED DRYING

Dr.Eng. R.I. Li, V. N. Safronov
Lipetsk State Technical University
+7 4742 32-80-88, romanlee@list.ru

Infrared drying of automotive coatings is quite widely used in painting. However, the infrared heat treatment of the coatings from elastomer F-40 solution is not studied. The article presents the method and results of experimental studies of defects in coatings for tractors and automobiles body parts from the elastomer F-40 solution with different methods of drying, deformation and strength properties of the elastomer F-40 from the infrared operation mode, and the optimum mode is provided. Price of body parts components and assemblies for tractors and automobiles is much higher than the price of other typical parts and largely forms the price of units and machines in general. These items are basic, resource details, which mainly determine lifetime of the entire unit. One major reason of body parts rejection is mounting bores wear due to fretting corrosion. Polymer coating on the surface of the holes can significantly increase tolerance when boring holes in the process of production of new body parts and also increase the resource of bearings fixed joints and eliminate the occurrence of fretting corrosion. The use of thermoradiation drying method of coatings on the basis of elastomers allows to reduce defects in the coating in 1.43 times compared to the convective process. The paper defined the optimal mode of infrared drying of elastomer films F-40 (temperature $T = 140\text{ }^{\circ}\text{C}$, time $t = 2\text{ hours}$). It is found out that infrared drying comparing to convection method provides increase of material strength in 1.42 times, reduction of thermal treatment temperature in 20°C , of time in 1hr, which confirms the reduction of energy consumption.

Keywords: body part, elastomer, infrared radiation, bearing, coating, defect, quality.