

- тробежном колесе методами гидродинамического моделирования // Наука и образование: электронное научно-техническое издание, 2014, № 9. С. 45-64.
7. Ломакин В.О., Артемов А.В., Петров А.И. Определение влияния основных геометрических параметров отвода насоса НМ 10000-210 на его характеристики // Наука и образование: электронное научно-техническое издание, 2012, № 8. С. 5.
 8. Ломакин В.О., Петров А.И. Верификация результатов расчета в пакете гидродинамического моделирования STAR-CCM+ проточной части центробежного насоса АХ 50-32-200 Известия высших учебных заведений // Машиностроение, 2012, № С. С. 6.
 9. Ломакин В.О., Петров А.И., Щербачев П.С. Разработка бокового полуспирального подвода с увеличенным моментом скорости на входе в рабочее колесо // Известия высших учебных заведений. Машиностроение, 2012, № S. С. 3-5.
 10. Петров А.И., Мартынов Н.Д., Покровский П.А., Пашенко В.И., Устюжанин П.Ю., Королев П.В., Артемов А.В. Опыт разработки стенда для испытаний крупных центробежных насосов // Наука и образование: электронное научно-техническое издание, 2010, №11, 2 с.

УДК 621.822.6.004.67:668.3:631.3.02

Теоретические аспекты формирования полимерных покрытий из растворов эластомеров при инфракрасной сушке

д.т.н. проф. Ли Р.И., Сафонов В.Н.
Липецкий государственный технический университет
8(4742)32-80-88, romanlee@list.ru

Аннотация. Большой научный и практический интерес представляют исследования инфракрасной обработки нанесенных полимерных покрытий из раствора эластомера с целью снижения пористости и повышения качества покрытий. В статье предложен инфракрасный метод сушки полимерных покрытий из растворов эластомеров, нанесённых на отверстия в корпусной детали. На основе анализа литературных источников обоснован выбор оптимальной длины волны и наиболее подходящего типа излучателя. Показана эффективность двухступенчатой термической обработки по сравнению с традиционной одноступенчатой.

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

Введение

подавляющее большинство корпусных деталей выбраковывается при ремонте из-за износа посадочных отверстий под подшипники. Причиной изнашивания посадочных отверстий является фреттинг-коррозия. Фреттингостойкость отверстий при изготовлении корпусных деталей можно повысить различными способами упрочнения: нанесением гальванических композитных покрытий на основе хрома, микродуговым оксидированием, полимерными покрытиями и др. [1-3]. Нанесение полимерных покрытий на поверхность отверстий позволяет значительно увеличить допуск при растачивании отверстий в процессе изготовления новых корпусных деталей в машиностроении, т.е. снизить стоимость, исключить появление фреттинг-коррозии, повысить ресурс неподвижных соединений подшипников и надежность машины в процессе эксплуатации [1].

Для сушки полимерных покрытий используются три способа: конвективный, терморрадиационный (инфракрасный) и комбинированный.

Конвективную сушку проводят в специальных сушильных камерах или шкафах. Роль теплоносителя играет горячий воздух, который нагревает изделие полностью, даже если это-

го не требуется. В первую очередь происходит нагрев наружной поверхности покрытия, затем теплота постепенно проникает внутрь плёнки. Таким образом, процесс полимеризации начинается с поверхности раздела покрытие – газовая среда.

Такой способ отверждения не является оптимальным. В период сушки, полимерное покрытие переходит из жидкого состояния в твердое посредством удаления из него растворителя. Эти два состояния отличаются друг от друга тем, что, если вещество находится в жидкой форме, то молекулы легко перемещаются друг относительно друга, в то время как в твердом веществе молекулы лишь слегка колеблются относительно своего неизменного положения. Испарение молекул жидкости становится невозможным, если поверхность накрыта материалом, находящимся в твердом состоянии.

Подсыхающий наружный слой полимерного покрытия находится в процессе перехода из жидкого состояния в твердое и он становится препятствием для выхода частиц растворителя, оставшегося во внутренних слоях (рисунок 1А). Для удаления растворителя из внутренних слоев покрытия требуется значительно больше времени и энергии, чем в том случае, когда концентрация растворителя в верхних слоях покрытия достаточно высокая. Для улучшения передачи теплоты применяют перемешивание нагретых газов, что приводит к дополнительному потреблению энергии. При испарении растворителя из внутренних слоев покрытия в наружном слое образуются многочисленные поры и различные дефекты поверхности, что негативно влияет на качество отвержденного покрытия.

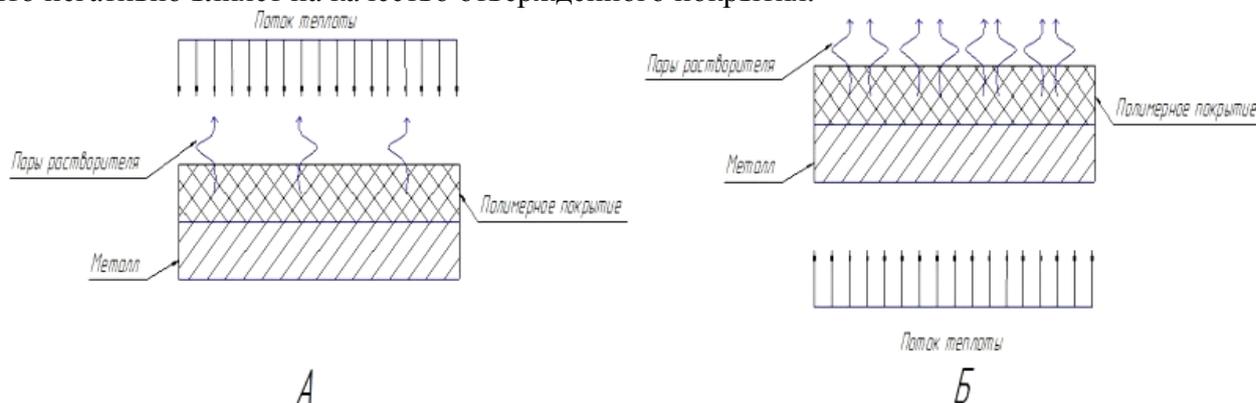


Рисунок 1. Процесс сушки при различных способах подвода тепла: А – конвективный способ сушки; Б – терморadiационный (инфракрасный) способ сушки

При конвективной сушке время термической обработки и энергозатраты относительно велики. Изучив применяемые в настоящее время в промышленности способы сушки полимерных покрытий, для исследования сушки покрытий эластомера Ф-40, выбран терморadiационный способ сушки инфракрасными лучами. При инфракрасной сушке нагрев изделий происходит излучением, которое проникает сквозь слои покрытия и поглощается, в основном, металлом. Покрытие нагревается от металла, начиная с внутренних слоёв. Из-за возникающей разницы температур между внутренними слоями покрытия и наружными создается разность давлений, способствующая более быстрому выходу растворителя из слоёв покрытия (рисунок 1Б).

Этот способ отличается компактностью установок, высокой скоростью сушки, низкими энергозатратами и себестоимостью. Способ обеспечивает более высокое качество покрытия за счет уменьшения количества и размеров дефектов поверхности. Применительно к лакокрасочным покрытиям автомобилей терморadiационная сушка позволяет сократить продолжительность сушки по сравнению с конвекционной в 2 – 5 раз [4].

Обоснование выбора типа излучателя и длины волны для сушки покрытий эластомера Ф-40

Инфракрасное излучение занимает область спектра от $7,5 \cdot 10^{-4}$ до 1 мм, находящуюся между видимыми и СВЧ-колебаниями. Источникам инфракрасного излучения являются нагретые тела, поэтому зачастую его называют тепловым излучением [5].

Применяемое для технических целей инфракрасное излучение делится на три группы, при этом определяющим фактором является длина волны:

- коротковолновая область $\lambda = 0,8 - 2$ мкм;
- средневолновая область $\lambda = 2 - 4$ мкм;
- длинноволновая область $\lambda = 4 - 6$ мкм.

Для сушки лакокрасочных покрытий на конвейерах автомобильных производств применяются излучатели, работающие в средне- и длинноволновом диапазоне: от 3,5 до 5 мкм [6]. ОАО «АВТОВАЗ» использует двухэтапную сушку покрытий: на первом этапе окрашенный кузов автомобиля сушат при помощи длинноволновых панельных излучателей, на втором этапе применяются средневолновые излучатели [7].

Степень восприятия инфракрасного излучения покрытием напрямую зависит от длины волны. С увеличением длины волны проникаемость лучей уменьшается [8]. Длинноволновое излучение обладает сравнительно малым коэффициентом экстинкции (проникающей способностью).

Коротковолновая область инфракрасного излучения обладает наивысшей температурой и наилучшей проникающей способностью. Но, в сравнении со средневолновыми излучателями, коротковолновые, при тех же габаритах и большей мощности, необходимо устанавливать на более короткое расстояние до нагреваемого объекта, что может привести к неравномерному прогреву деталей сложной формы и локальному перегреву отдельных областей покрытия. Коротковолновые излучатели более чувствительны к цвету нагреваемого тела.

Важным аспектом при выборе диапазона длин волн при сушке является состав покрытий. Для покраски автомобилей, в основном, используют акриловые эмали. Их состав значительно отличается от состава исследуемого эластомера Ф-40. Например, эмаль АК-142 ТУ 6-21-05474337-51-95, применяемая для окраски рамок дверей и порогов легковых автомобилей представляет собой суспензию пигментов и наполнителей в растворе акрилового сополимера в растворителе №647 с добавлением нитроцеллюлозы и пластификаторов.

Исследуемый эластомер Ф-40 имеет следующий состав:

- 1) смола ФКУ (фенолоформальдегидная смола на основе замещенного фенола винилацетиленовой структуры) – 8 масс. %;
- 2) каучук синтетический бутадиен-нитрильный марки СКН-40С – 12 масс. %;
- 3) ацетон технический, ГОСТ 2768-84 – 80 масс. % [9].

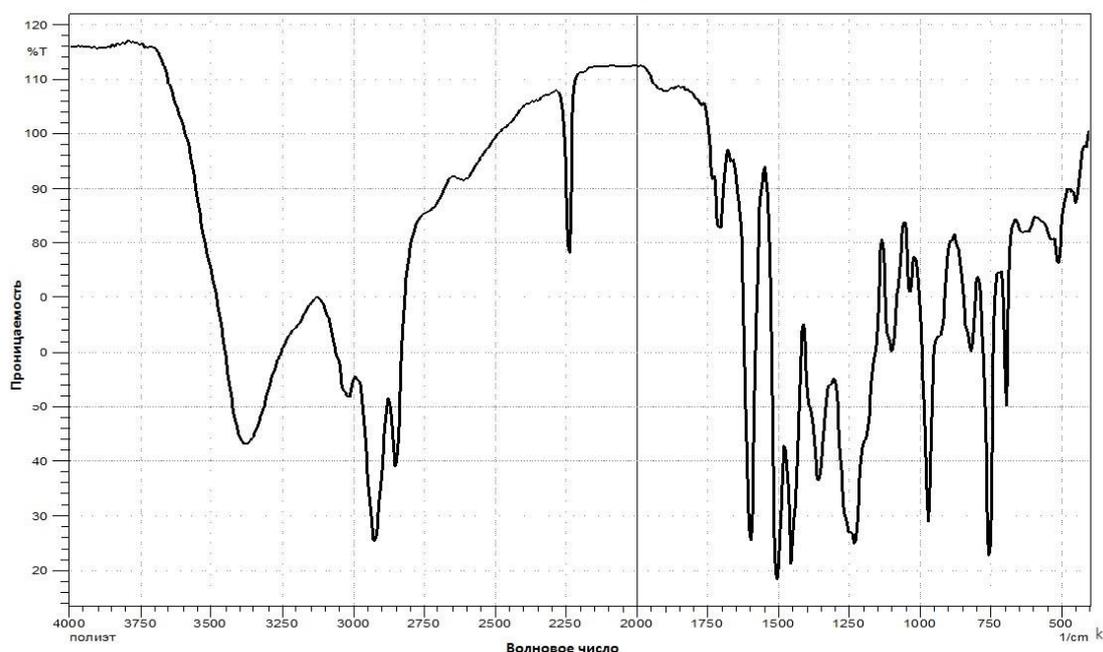


Рисунок 2. Результаты исследования материала Ф-40 на спектрофотометре

Для выбора рекомендуемого диапазона длин волн проведены экспериментальные исследования эластомера Ф-40 на спектрофотометре «Irraffinity-1». Исследования показали, что

материал проницаем для средних и коротких длин волн. Как следует из рисунка 2 в длинноволновой области эластомер Ф-40 имеет области поглощения.

Источники инфракрасного излучения по типу делят на «светлые» и «темные». У «светлых» излучателей процесс горения происходит непосредственно на поверхности излучения. Процесс горения «темных» излучателей происходит в закрытом пространстве и они являются более безопасными, однако температура поверхности таких излучателей значительно ниже и не превышает 750°C , т.е. они являются длинноволновыми.

«Светлые» электрические излучатели, работающие в средневолновой области инфракрасного спектра, являются наиболее пригодными для терморadiационной сушки полимерных покрытий из эластомеров в корпусных деталях автотракторной техники. Они обладают высокой скоростью нагрева, практически безинерционны, и просты в обслуживании. За счет рефлекторов, в которые устанавливаются лампы, рассеивание излучения сводится к минимуму.

Для проведения экспериментальных исследований создана экспериментальная установка, показанная на рисунке 3. Она состоит из инфракрасных ламп QTS мощностью 750 Вт, работающих в средневолновом диапазоне и отражателей QTSR. Напротив установки устанавливается, либо подвешивается на штативе нагреваемый объект. Контроль температуры в ходе исследований проводится с помощью пирометра ADA TemPro 550.

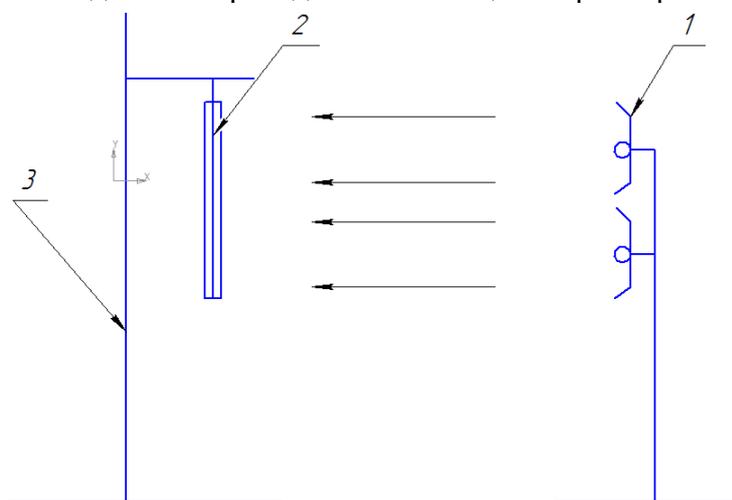


Рисунок 3. Экспериментальная установка:

1 – инфракрасный излучатель; 2 – нагреваемая деталь; 3 – штатив

Дефекты покрытия могут возникать и по другим причинам. Пористость в полимерных покрытиях может возникать в процессе нанесения покрытия или вследствие недостаточного качества механической обработки поверхности подложки, приводящей к проникновению пузырей воздуха в структуру материала. Нагрев изделия выше температуры кипения ацетона (56°C) приводит к образованию пузырьков насыщенных паров растворителя.

Для исключения возникновения пузырей рекомендуется разбить процесс сушки эластомера на 2 этапа. Первый этап заключается в непродолжительной (15 – 20 мин.) сушке покрытия при температуре ниже температуры кипения ацетона, до полного выхода растворителя. Второй этап предлагается проводить при режимах сушки, рекомендуемых для наилучшей полимеризации эластомера.

Выводы

1. «Светлые» электрические излучатели, работающие в средневолновой области инфракрасного спектра, являются наиболее пригодными для терморadiационной сушки полимерных покрытий из растворов эластомеров в корпусных деталях автотракторной техники.
2. Представляет научный и практический интерес исследование деформационно- прочностных свойств покрытий эластомера Ф-40 и определение оптимального режима инфракрасной сушки.

3. Сушку покрытий из раствора эластомера Ф-40 рекомендуется проводить в два этапа, так как это позволит избежать закипания ацетона и снизить пористость покрытия.

Литература

1. Ли Р.И. Применение полимерных материалов в подшипниковых узлах при изготовлении и ремонте машин: монография. – Мичуринск: Изд-во Мичуринского госагроуниверситета, 2010. – 160 с.
2. Жачкин С.Ю. Восстановление деталей машин композитным хромовым покрытием: монография. - 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. Т. 29. № 10. С. 823-825.
4. Шадричев В.А. Основы технологии автостроения и ремонт автомобилей [Текст]: учебник для вузов. – Л.: Машиностроение, 1976. – 560 с.
5. Кру П., Макгоуин Л., Макквистан Р. Основы инфракрасной техники. – М.: Воениздат, 1964. – 464 с.
6. Кац А.М. Автомобильные кузова. – М.: Транспорт, 1972. – 296 с.
7. <http://pro-elcom.ru/>
8. Лыков А.В. Теория сушки. – М.: Энергия, 1968. – 472 с.
9. <http://instplast.ru/>

Исследование подачи электрогидродинамического насоса высокого давления топливной системы дизеля.

д.т.н. проф. Сокоиков В.К., Строков П.И.
Университет машиностроения (МАМИ)
8(499)9048423, 89262742508, pavig@yandex.ru

Аннотация. В статье рассматривается влияние высоковольтного электрического сигнала, подаваемого на электроды насоса высокого давления топливной системы дизеля, на расход, поступающий в цилиндры двигателя из гидроаккумулятора давления. Установлены основные зависимости, показывающие, что рост высоковольтного напряжения сигнала приводит к повышению давления в аккумуляторе и расходу в цилиндры двигателя.

Ключевые слова: *двигатель, аккумулятор, дизель, электрогидродинамический насос, топливная система, электроды, расход топлива, давление впрыска.*

В статье рассматривается насос высокого давления для топливной системы дизеля, способной создавать давление 100-150 МПа, однако схема может быть использована в системах с другой рабочей жидкостью, где требуется для работы высокое давление.

Схема топливной системы дизеля с электрогидродинамическим насосом (ЭГДН) представлена на рисунке 1. Основной особенностью насоса является то, что для создания давления и подачи топлива необходима подача высокого электрического напряжения (до 80 кВ) между электродами, расположенными внутри насоса.

На рисунке 1 обозначено: 1 – электронный блок управления; 2 – датчик давления гидроаккумулятора; 3 – электрогидравлические форсунки двигателя; 4 – гидроаккумулятор; 5 – электрогидродинамический насос высокого давления; 6 – высоковольтные электроды; 7 – блок повышения напряжения; 8 – информация от датчиков системы; 9 – блок задания частоты (или транзисторный коммутатор); 10 – система подпитки с насосом и переливным гидроклапаном; 11 – электрогидравлический клапан.

В работах [1, 2, 4] представлены результаты исследований физических процессов, происходящих в насосе при изменении выходных параметров электрического блока управления. Вместе с тем, создаваемое давление и подача насоса существенно зависят от подаваемого