

Д.А. Яковлев, А.Г. Ларченко

Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Российская Федерация

МЕТОДЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ И ДИАГНОСТИКИ ПОЛИМЕРОКОМПОЗИЦИОННЫХ АНТИФРИКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Аннотация. В данной научной работе описывается область применения изделий из реактопластов, приводится анализ основных дефектов тормозных колодок грузовых вагонов, разъясняется процесс наволакивания.

В работе представлен теоретический и иллюстративный материал, позволяющий оценить дефекты поверхности катания колесной пары грузового вагона, образованные при взаимодействии с тормозными колодками. Рассматриваются основные способы и средства неразрушающего контроля. Описывается высокочастотный метод диагностики, его перспективы и возможности.

В статье поставлена цель работы и первоочередная задача, заключающаяся в определении первого входного параметра высокочастотного диагностирования - температуры нагрева объекта контроля. Дается основная информация о установке предназначенной для определения фазовых превращений. В работе представлены результаты экспериментальных исследований. Назначена температура диагностирования. Представлены графические данные, сформулированы задачи дальнейших исследований.

Ключевые слова: диагностика, контроль, реактопласты, подвижной состав, тормозные колодки.

D.A. Yakovlev, A.G. Larchenko

Irkutsk State Transport University, Irkutsk, the Russian Federation

METHODS OF AUTOMATED CONTROL AND DIAGNOSIS OF POLYMER COMPOSITE ANTIFRICTION MATERIALS

Annotation. This scientific paper describes the scope of products made of thermosets, analyzes the main defects in the brake pads of freight cars, and explains the process of sheathing. The paper presents theoretical and illustrative material that allows evaluating the defects in the rolling surface of the wheelset of a freight car, formed during interaction with brake shoes. The main methods and means of non-destructive testing are considered. The high-frequency diagnostic method, its prospects and possibilities are described. The article sets the goal of the work and the primary task, which is to determine the first input parameter of high-frequency diagnostics - the heating temperature of the control object. The basic information about the installation intended for the determination of phase transformations is given. The paper presents the results of experimental studies. Diagnosis temperature is assigned. Graphical data are presented tasks for further research are formulated.

Keywords: diagnostics, control, thermoplastics, rolling stock, brake pads.

Введение

В настоящее время композиционные материалы на основе реактопластов благодаря своим механическим, физическим и технологическим свойствам с успехом заменяют металлы в различных отраслях промышленности [1].

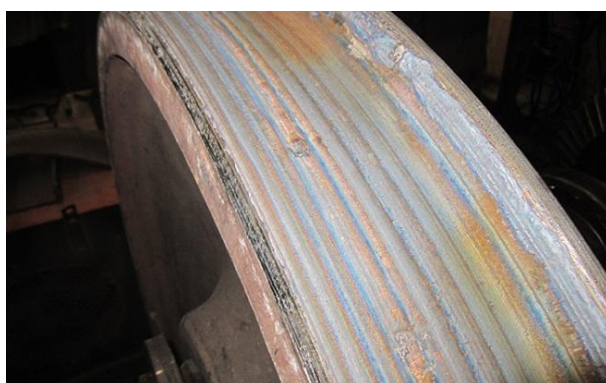
Термореактивные полимеры могут использоваться при изготовлении изделий машиностроения, в качестве защитных покрытий и вяжущих материалов, для специальных конструкций с целью транспортировки высокоагрессивных жидкостей и газов. На железнодорожном транспорте для обеспечения необходимой эффективности торможения в тормозных узлах грузовых вагонов широкое применение нашли композиционные колодки.

Как и в других изделиях из термо- и реактопластов в тормозных колодках могут образовываться дефекты различного рода. Соотношение выявленных дефектов в процессе эксплуатации тормозных колодок в опытном поезде «РЖД-УВЗ-УрГУПС Мониторвагонтранс» представлено на рис.1. [2].



Рис. 1. Доля выявленных дефектов в процессе использования тормозных колодок в опытном поезде «РЖД-УВЗ-УрГУПС Мониторвагонтранс»

От качества тормозных колодок напрямую зависит безопасность железнодорожных перевозок. Композиционная колодка – это расходный материал, обладающий значительным влиянием на сроки эксплуатации колесных пар грузовых вагонов. Дефектным тормозным колодкам при торможении присущ процесс наволакивания на поверхность, что является толчком в образовании кольцевых выработок (рис.1- а), наваров (рис.1- б), рисок, задигов и других нарушений, непосредственно уже на колесной паре. Из-за последующих торможений происходит интенсивное местное истирание поверхностей катания колеса, что влечет за собой серьезные экономические потери и трудозатраты [2 – 3].



а)



б)

**Рис.2. Дефекты поверхности катания, образованные при взаимодействии с тормозными колодками
а – кольцевые выработки; б – навар**

Постановка цели

На сегодняшний день существует широкая номенклатура методов и средств контроля полимерных материалов. Таких как ультразвуковой, капиллярный, тепловой и визуальный [4-5]. Но анализ технологической документации и литературно-патентный обзор показал, что в условиях современных темпов производства и ремонта подвижного состава необходим более совершенный метод контроля, который возможно автоматизировать и тем самым снизить стоимость контрольных операций, минимизировать участие человека при сохранении информативности и безопасности процесса. В связи с вышесказанным целью работы является исследования высокочастотного метода контроля применительно к изделиям из реактопластов, в частности, к тормозным колодкам грузовых вагонов. Данный процесс подробно описывается в работах [5-10]. В результате воздействия высокочастотного излучения происходит нагрев изделия, а в местах нарушения сплошности идет образование и скопление микроразрядов, амплитуда и периодичность которых говорят о наличии и степени развития дефекта. Однако следует отметить, для изделий из реактопластов нагрев до высоких температур – это очень важный и требующий особого внимания процесс, параметры которого необходимо заранее установить и контролировать, так как при превышении допустимого максимума материал может разрушиться, не переходя в пластичное состояние. Поэтому при организации контроля токами высокой частоты первоочередной задачей является экспериментальный выбор и назначение температуры нагрева, при которой не происходит структурных превращений.

Проведение экспериментальных исследований

Так как проведение эксперимента в производственных условиях с тормозными колодками в силу отсутствия предварительных данных и наработок невозможно, было принято решение изготовить модели из колодки сохранив физико-механические свойства. При выборе измерительных приборов учитывали факторы точности измерений, диапазон значений, характер и форму получения опытных данных. Важным этапом при планировании эксперимента является определение количества испытаний. При принятом значении вероятности (95 %) необходимо отобрать в выборку не менее 15 испытаний [11].

Испытания проводились на изготовленной ранее экспериментальной установке (рис. 3), которая предназначена для определения фазовых превращений, путем помещения образца на металлическую подставку, нагрева и регистрации основных параметров таких как температура нагревателя, температура и тепловое расширение образца и передачей их микроконтроллером на компьютер в виде обработанных графиков.

Первым этапом исследований являлась обработка 15 образцов без дефектов новых тормозных колодок, размерами 35x35x35 мм. Предварительно вырезанные образцы помещали на подставку и нагревали до температуры 70°C. Затем 15 новых образцов нагревали до 140 и 200°C. Результаты экспериментальных представлены на рис. 4, 5.

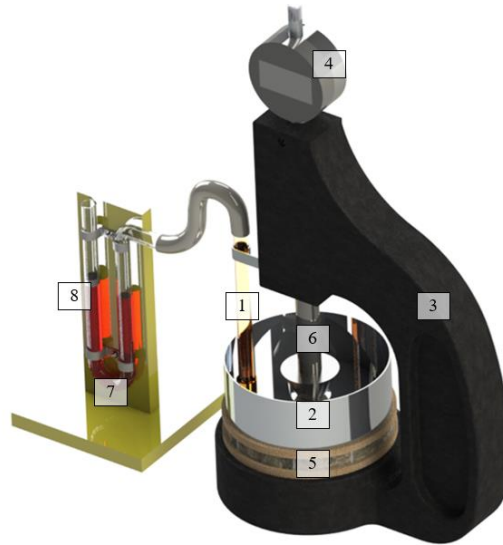


Рис.3. Общий вид конструкции установки
 1 – емкость-колба; 2 – металлическая подставка; 3 – корпус; 4 – микрометр; 5 – теплоизоляционные материалы; 6 – шток; 7 – манометр; 8 – поплавок с датчиком

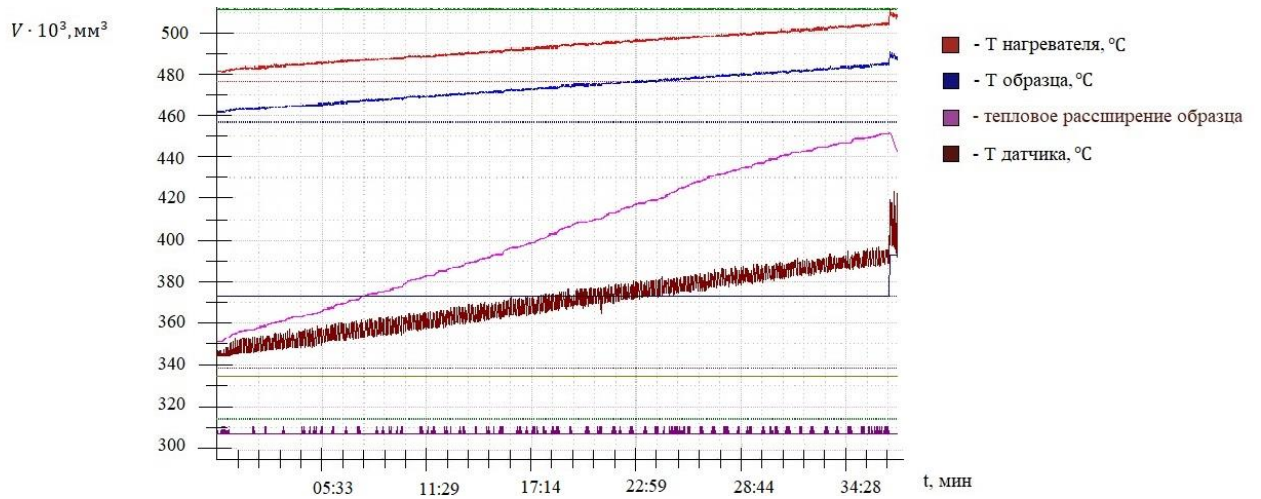


Рис.4. Результаты нагрева до 70°C

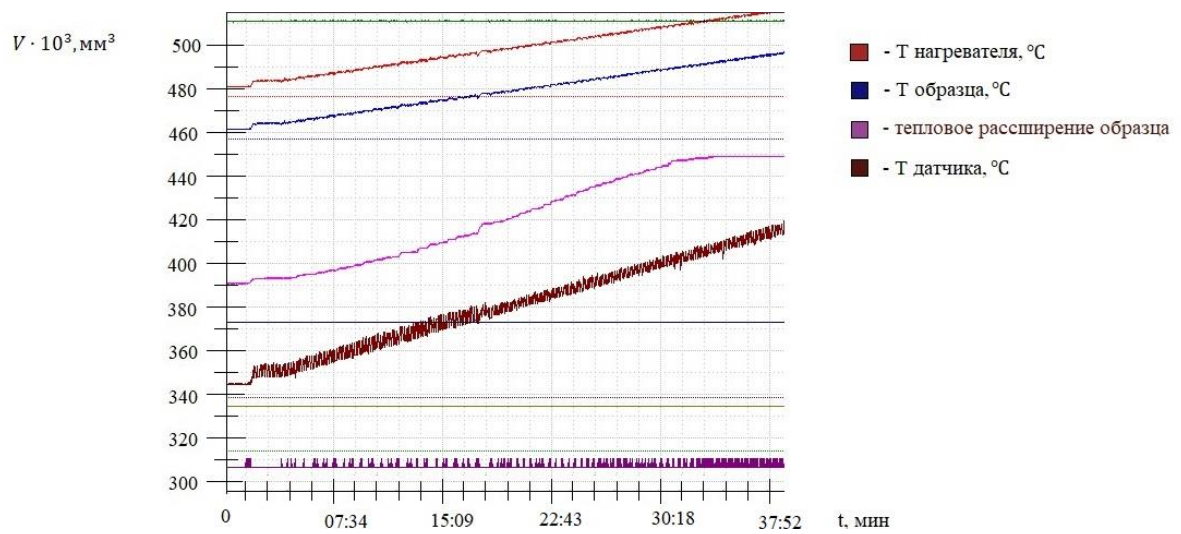


Рис.5. Результаты нагрева до 200°C

Согласно графическим данным, образец рекомендуется нагревать в процессе контроля и эксплуатировать при температуре до 200° С. При данных условиях процесс диагностирования может происходить продолжительно по времени без изменений геометрии обрабатываемого материала, данная температура не приводит к изменению фазового состояния, что является важным моментом в реализации процесса контроля. Исследования показали, что образцы после нагрева не изменяют значение твердости (твердость до нагрева и после составляет 75,4 HRC).

Так же был произведен, нагрев до 350°С с выдержкой 5 минут, при анализе поверхности образцов было обнаружено выкипание отдельных элементов, входящих в состав реактопластов с образованием мелких раковин и пустот, и как следствие изменение шероховатости, что свидетельствует о том, что нагрев до данной температуры при эксплуатации не рекомендуется.

Заключение

Следующим этапом исследования является непосредственно реализация процесса контроля образцов из реактопластов без дефектов и с искусственно нанесенными дефектами типа воздушное включение с возможным безопасным нагревом до 200 ° С. Работа будет проводиться на высокочастотном устройстве марки УЗП 2500 [12-15] с применением современных средств автоматизации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Павлюков А. Э., Черепов О. В., Шалупина П. И. Тормозные колодки грузовых вагонов: анализ повреждаемости и факторов, влияющих на создание тормозной силы // Вестник Уральского государственного университета путей сообщения – 2017. – № 4 (36). – С. 4–11.
2. Черепов О.В., Смольянинов А.В., Шувалов В.Ю., Глухих А.Н. Ресурсные испытания композиционных тормозных колодок в опытном поезде «РЖД-УВЗ-УрГУПСМониторвагонтранс» // М-лы науч.-техн. конф., посв. 125-летию Свердловской железной дороги. – Екатеринбург: Изд-во УрГУПС, 2003. – Т. 1. – С. 77–84.
3. Морозкин И.С. Термомеханические повреждения колес вагонов и методы их устранения // Вестник РГУПС. – 2008. – №2 – С. 5–14.
4. Патент на изобретение РФ МПК G01N 25/72 (1995.01) Способ определения внутренних дефектов в изделиях из реактопластов. Шембель Н.Л., Симонов-Емельянов И.Д., Куклина Л.А. Заявлен 29.09.1994 г.
5. Ларченко А.Г. Автоматизированное устройство диагностирования полимерных изделий сложной конфигурации методом высокочастотного излучения // Контроль. Диагностика. 2016. № 2. С. 61-65.
6. Ларченко А.Г., Филиппенко Н.Г. Разработка методики расчета и технологического оснащения с целью диагностики качества полимерных изделий сложной конфигурации // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2019. № 4 (64). С. 29-36.
7. Грамаков Д.С., Ларченко А.Г., Филиппенко Н.Г., Баканин Д.В., Фарзалиев Э.Ф., Егоров А.И. Технология повышения качества изделий машиностроения. Автоматизированный метод высокочастотного контроля // Молодая наука Сибири. 2019. № 3 (5). С. 43-48.
8. Лившиц А.В., Филиппенко Н.Г., Попов С.И., Ларченко А.Г. Исследование влияния диэлектрических элементов рабочего конденсатора высокочастотной электротермической установки на процесс обработки полимерных материалов // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2013. № 3 (39). С. 270-275.

9. Филиппенко Н.Г., Буторин Д.В., Лившиц А.В., Попов М.С., Гозбенко В.Е. Автоматизация измерения температуры полимерного материала при высокочастотном электротермическом нагреве // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2017. № 1 (53). С. 96-103.
10. Буторин Д.В., Лившиц А.В., Филиппенко Н.Г. Автоматизация процесса контроля фазовых и релаксационных превращений в полимерных материалах // Информационные системы и технологии. 2017. № 1 (99). С. 44-53.
11. Соловьев В.П. Организация эксперимента – Старый Оскол: Тонкие наукоемкие технологии, 2013. – 255 с.
12. Gramakov D., Larchenko A., Filippenko N., Livshits A., Bakanin D., Bychkovskiy V., Butorin D. Assessment of quality of products from polymer materials for machine-building purposes. Journal of Physics: Conference Series. Сер. "International Scientific Conference Energy Management of Municipal Facilities and Sustainable Energy Technologies" 2020. С. 012044/
13. Butorin D.V., Filippenko N.G., Bakanin D.V., Bychkovsky V.S., Larchenko A.G., Livshits A.V. Mathematical modeling of electrothermal processes using the example of high-frequency welding of a batch of symmetric polymer workpieces. Journal of Physics: Conference Series. Сер. "International Scientific Conference Energy Management of Municipal Facilities and Sustainable Energy Technologies" 2020. С. 012052.
14. Butorin D.V., Larchenko A.G., Aleksandrov A.A. Design of the tooling of a complex geometric shape for electrothermal processing of the polymer covering plate of the bogie friction wedge. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. С. 012011.
15. Larchenko A.G., Filippenko N.G., Livshits A.V., Kargapoltcev S.K. Diagnostic operation of fabrications of rolling stock by high-frequency method. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. International Conference on Transport and Infrastructure of the Siberian Region, SibTrans 2019. 2020. С. 012037.

REFERENCES

1. Pavlyukov A.E., Cherepov O.V., Shalupina P.I. Tormoznye kolodki gruzovyh vagonov: analiz povrezhdaemosti i faktorov, vliyayushchih na sozдание tormoznoj sily [Freight car brake pads: analysis of damageability and factors influencing the creation of braking force] // *Vestnik Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta putej soobshcheniya [Bulletin of the Ural State University of Railway Transport]*, 2017, No. 4 (36). pp. 4–11.
2. Cherepov O.V., Smolyaninov A.V., Shuvalov V.Yu., Glukhikh A.N. Resursnye ispytaniya kompozicionnyh tormoznyh kolodok v opytном poezde «RZHD-UVZ-UrGUPSMonitorvagontrans» [Resource testing of composite brake pads in the experimental train "RZD-UVZ-UrGUPSMonitorvagontrans"] // *M-ly nauch.-tekhn. konf., posv. 125-letiyu Sverdlovskoj zheleznoj dorogi. – Ekaterinburg: Izd-vo UrGUPS [M-ly nauch.-tekhn. conf., dedicated 125th anniversary of the Sverdlovsk railway.]* –, 2003. - Т. 1. - S. 77–84.
3. Morozkin I.S. Termomekhanicheskie povrezhdeniya koles vagonov i metody ih ustraneniya [Thermomechanical damage to wagon wheels and methods for their elimination.] *Vestnik RGUPS [Vestnik RGUPS.]* - 2008. - No. 2 - P. 5–14.
4. Patent na izobretenie RF MPK G01N 25/72 (1995.01) Sposob opredeleniya vnutrennih defektov v izdeliyah iz reaktoplastov. [Patent for the invention of the Russian Federation IPC G01N 25/72 (1995.01) Method for determining internal defects in thermoset products.] Shembel N.L., Simonov-Emelyanov I.D., Kuklina L.A. Declared 09/29/1994
5. Larchenko A.G. Avtomatizirovanное ustrojstvo diagnostirovaniya polimernyh izdelij slozhnoj konfiguracii metodom vysokochastotnogo izlucheniya [Automated device for diagnosing

polymer products of complex configuration by high-frequency radiation] // *Kontrol'. Diagnostika. [Control. Diagnostics]*. 2016. No. 2. S. 61-65.

6. Larchenko A.G., Filippenko N.G. Razrabotka metodiki rascheta i tekhnologicheskogo osnashcheniya s cel'yu diagnostiki kachestva polimernyh izdelij slozhnoj konfiguracii [Development of calculation methods and technological equipment for the purpose of diagnosing the quality of polymer products of complex configuration] // *Sovremennye tekhnologii. Sistemnyj analiz. Modelirovanie. [Modern technologies. System analysis. Modeling.]* 2019. No. 4 (64). pp. 29-36.

7. Gramakov D.S., Larchenko A.G., Filippenko N.G., Bakanin D.V., Farzaliev E.F., Egorov A.I. Tekhnologiya povysheniya kachestva izdelij mashinostroeniya. Avtomatizirovannyj metod vysokochastotnogo kontrolya [Technology for improving the quality of engineering products. Automated method of high-frequency control] // *Molodaya nauka Sibiri [Young science of Siberia.]* 2019. No. 3 (5). pp. 43-48.

8. Livshic A.V., Filippenko N.G., Popov S.I., Larchenko A.G. Issledovanie vliyaniya dielektricheskikh elementov rabocheho kondensatora vysokochastotnoj elektrotermicheskoj ustanovki na process obrabotki polimernyh materialov [Investigation of the influence of dielectric elements of the working capacitor of a high-frequency electrothermal installation on the process of processing polymeric materials] // *Sovremennye tekhnologii. Sistemnyj analiz. Modelirovanie.* 2013. № 3 (39). S. 270-275.

9. Filippenko N.G., Butorin D.V., Livshic A.V., Popov M.S., Gozbenko V.E. Avtomatizaciya izmereniya temperatury polimernogo materiala pri vysokochastotnom elektrotermicheskom nagreve [Automation of measuring the temperature of a polymer material during high-frequency electrothermal heating] // *Sovremennye tekhnologii. Sistemnyj analiz. Modelirovanie.* 2017. № 1 (53). S. 96-103.

10. Butorin D.V., Livshic A.V., Filippenko N.G. Avtomatizaciya processa kontrolya fazovyh i relaksacionnyh prevrashchenij v polimernyh materialah [Automation of the control process of phase and relaxation transformations in polymeric materials] // *Informacionnye sistemy i tekhnologii.* 2017. № 1 (99). S. 44-53.

11. Solov'yev V.P. Organizatsiya eksperimenta [Organization of the experiment] // *Staryy Oskol: Tonkiye naukoymkiye tekhnologii.* 2013. S.255/

12. Gramakov D., Larchenko A., Filippenko N., Livshits A., Bakanin D., Bychkovskiy V., Butorin D. Assessment of quality of products from polymer materials for machine-building purposes. Journal of Physics: Conference Series. Ser. "International Scientific Conference Energy Management of Municipal Facilities and Sustainable Energy Technologies" 2020. C. 012044/

13. Butorin D.V., Filippenko N.G., Bakanin D.V., Bychkovsky V.S., Larchenko A.G., Livshits A.V. Mathematical modeling of electrothermal processes using the example of high-frequency welding of a batch of symmetric polymer workpieces. Journal of Physics: Conference Series. Ser. "International Scientific Conference Energy Management of Municipal Facilities and Sustainable Energy Technologies" 2020. C. 012052.

14. Butorin D.V., Larchenko A.G., Aleksandrov A.A. Design of the tooling of a complex geometric shape for electrothermal processing of the polymer covering plate of the bogie friction wedge. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. C. 012011.

15. Larchenko A.G., Filippenko N.G., Livshits A.V., Kargapoltcev S.K. Diagnostic operation of fabrications of rolling stock by high-frequency method. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. International Conference on Transport and Infrastructure of the Siberian Region, SibTrans 2019. 2020. C. 012037.

Информация об авторах

Яковлев Денис Александрович – студент группы ПСЖ.4-17-1, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск

Ларченко Анастасия Геннадьевна – кандидат технических наук, доцент кафедры «Автоматизация производственных процессов», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: larchenkoa@inbox.ru

Information about the authors

Yakovlev Denis Aleksandrovich– student, Irkutsk State Transport University, Irkutsk.

Larchenko Anastasia Gennadievna – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department "Automation of Production Processes", Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: larchenkoa@inbox.ru.