

УДК 62-233.132: 629.331

UDC 62-233.132: 629.331

**НАМАГНИЧИВАНИЕ ФЕРРОПОРОШКОВ НА ДЕТАЛИ С НЕОПРЕДЕЛЕННЫМ ХИМИЧЕСКИМ СОСТАВОМ В УСЛОВИЯХ МАЛЫХ РЕМОНТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

**FLUXING FERRUM POWDER FOR DETAILS WITH UNCERTAIN CHEMICAL COMPOSITION IN THE CONDITIONS OF A SMALL REPAIR COMPANY**

Вашурина Мария Александровна  
аспирант  
*Ярославская государственная сельскохозяйственная академия, Ярославль, Россия*

Vashurina Mariya Aleksandrovna  
postgraduate student  
*Yaroslavl State Agricultural Academy, Yaroslavl, Russia*

Горохов Александр Анатольевич  
студент  
*Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, Рязань, Россия*

Gorokhov Alexander Anatolyevich  
student  
*Ryazan State Agro technological University Named After P.A. Kostychev, Ryazan, Russia*

Горохова Марина Николаевна  
докторант  
*Мордовский государственный университет имени Н.П. Огарева, Саранск, Мордовия*

Gorokhova Marina Nikolayevna  
doctoral student  
*Mordovia State University Named After N.P. Ogarev, Saransk, Mordovia*

Соцкая Ирина Марковна  
к.т.н., доцент  
*Ярославская государственная сельскохозяйственная академия, Ярославль, Россия*

Sotskaya Irina Markovna  
Cand.Tech.Sci., associate professor  
*Yaroslavl State Agricultural Academy, Yaroslavl, Russia*

Бышов Дмитрий Николаевич  
к.т.н., доцент  
*Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, Рязань, Россия*

Byshov Dmitry Nikolayevich  
Cand.Tech.Sci., associate professor  
*Ryazan State Agro technological University Named After P.A. Kostychev, Ryazan, Russia*

В статье установлено, что распределение нормальных составляющих по длине образцов не имеет существенных особенностей, связанных с различными магнитными характеристиками, поэтому режимы намагничивания присадочного порошка на детали с неопределенным химическим составом следует устанавливать по тангенциальной составляющей напряженности магнитного поля

The article found that the distribution of the normal components of the along the length of the samples has no significant features associated with different magnetic characteristics, so the magnetization modes of an additive powder on the details of uncertain chemical composition must be installed on the tangential component of the magnetic field

Ключевые слова: МАГНИТНОЕ ПОЛЕ, ДЕТАЛЬ, ФЕРРОМАГНИТНЫЙ ПОРОШОК, ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ

Keywords: MAGNETIC FIELD, DETAIL, FERROMAGNETIC POWDER, CHEMICAL COMPOSITION

В настоящее время реформирование экономики страны невозможно без развития и совершенствования различных форм хозяйствования, одна из которых – малые экономические структуры, которые рассматриваются в качестве символа производственной мобильности, рыночной гибкости и

инновационной восприимчивости [1].

Углубление специализации в научных разработках привело к тому, что во многих случаях малые предприятия работают в неперспективных отраслях и довольно успешно конкурируют на рынках с крупными предприятиями. Массовый выпуск сельскохозяйственной техники вызывает потребность в промышленных услугах по ее ремонту и обслуживанию, которые часто осуществляют малые ремонтные предприятия, так как монополии вынуждены создавать разветвленную сеть филиалов. Особенно остро стоит вопрос ремонта импортной техники, когда необходимо наносить покрытия на детали с неопределенным химическим составом.

Существующие технологии по нанесению покрытий требуют исследования исходного параметра изношенных деталей, такого как технологическая наследственность, полученная после предыдущей эксплуатации, что является трудновыполнимой задачей в условиях малых ремонтных предприятий [2].

Перспективным в этом направлении является применение присадочных ферромагнитных порошков в качестве индикаторного материала для обнаружения внутренних дефектов.

Существует способ подачи присадочных порошков в рабочую зону, основанный на явлении гравитации при затягивании порошка магнитным полем между рабочим инструментом и деталью. Однако стабильная подача присадочных порошков в значительной степени зависит от гранулометрического состава и магнитных свойств. Кроме того, имеет место высокий расход присадочных материалов.

Существует опыт применения лент из предварительно спеченных порошков. Однако, сложность изготовления спеченных лент ограничивает их применение в условиях малых ремонтных предприятий. Кроме того,

спеченные ленты имеют высокую пористость 10...40%, что приводит к хрупкости ленты при нанесении на детали малого диаметра (до 30 мм). Кроме того, необходимость предварительного раскроя ленты увеличивает трудоемкость процесса и способствует потерям материала при раскрое.

Существует способ нанесения паст, которые представляют собой смесь порошков со связующими элементами, в качестве которых используются различные полимерные и клеящиеся вещества. Существенными недостатками использования паст является ограниченная толщина покрытия (до 0,3 мм), которая зависит от размеров частиц порошковой смеси. Кроме того, при повышении температуры паста размягчается и вымывается охлаждающей жидкостью с участка восстанавливаемой поверхности. Кроме того, происходит термическое разложение связующего элемента и его выгорание, при котором образуется сложная смесь альдегидов, непредельных углеводородов, фенолов и угарного газа, что значительно снижает адгезионную и когезионную прочность покрытия.

Одним из перспективных способов подачи присадочных порошков является его намагничивание на восстанавливаемую поверхность, что позволит исключить недостатки, присутствующие при реализации существующих способов, а также расширить возможности процесса наплавки за счет обнаружения внутренних дефектов [3].

Наличие в материале восстанавливаемых деталей внутренних дефектов:

- усталостных трещин вызывает плотное намагничивание порошка в виде резких ломаных линий;

- флокенов вызывает плотное намагничивание порошка в виде отдельных искривленных черточек, расположенных поодиночке или группами;

- волосовин вызывает намагничивание порошка в виде прямых или слегка изогнутых по волокну тонких черточек, интенсивность намагничивания порошка в этом случае меньше, чем при трещинах поперечных разрезов этих дефектов.

Равномерность намагничивания порошка зависит от степени намагниченности детали. В большинстве случаев для намагничивания порошка достаточна остаточная намагниченность (способ остаточной намагниченности) ферромагнитного материала. Способ остаточной намагниченности применяют, если коэрцитивная сила материала ферромагнитных деталей составляет более 9,5 А/см.

Однако при нанесении порошка на детали из материалов с малой коэрцитивной силой (малоуглеродистая сталь) остаточная намагниченность может быть недостаточной даже если намагничивание производилось в магнитном поле, близком к насыщению. В этих случаях нанесение ферромагнитных порошков должно производиться во время действия на изношенную деталь магнитного поля, требующегося для создания необходимой намагниченности материала (способ приложенного поля).

Режимы намагничивания необходимо выбирать таким образом, чтобы ферромагнитный порошок равномерно намагничивался на поверхность ферромагнитной детали при наличии мнимых и неопасных дефектов, а детали с наличием внутренних усталостных трещин необходимо дефектовать.

Для выбора оптимальных режимов намагничивания порошка на детали с неопределенным химическим составом необходимо ранжирование материала, которое основывается на связи между какой-либо магнитной характеристикой и химическим составом. В магнитной структуроскопии используются следующие магнитные характеристики: коэрцитивная сила,

остаточная индукция, намагниченность насыщения, магнитная проницаемость.

Основное преимущество коэрцитиметрических методов заключается в том, что точность измерения коэрцитивной силы практически не зависит от формы и размеров восстанавливаемых деталей, что является одним из основных условий при широкой номенклатуре восстанавливаемых деталей. Сущность метода заключается в следующем: деталь намагничивается до технического насыщения, после чего подвергается действию постепенно увеличивающегося магнитного поля обратного направления и определяется напряженность магнитного поля  $H$ , при котором намагниченность детали становится равной нулю [4].

Для изучения влияния внутренних дефектов на равномерность намагничивания порошка необходимо исследовать распределение нормальной  $H_n$  и тангенциальной  $H_t$  составляющих напряженности магнитного поля  $H$  по поверхности изношенной детали. Для проведения исследований изготовлен бездефектный образец №1: длиной 200 мм и диаметром 45 мм из ферромагнитного материала с неопределенным химическим составом.

Для исследования распределения нормальной  $H_n$  и тангенциальной  $H_t$  составляющих напряженности магнитного поля  $H$  по длине образца 1 использован магнитометр МФ-23И. Распределение нормальной  $H_n$  и тангенциальной  $H_t$  составляющих напряженности магнитного поля  $H$  исследовалось при  $H=65$  А/см и  $H=250$  А/см.

Из распределения нормальной  $H_n$  и тангенциальной  $H_t$  составляющих напряженности магнитного поля  $H$  (рис. 1-4) в бездефектном образце №1 в остаточном поле установлено их резкое увеличение по мере приближения к краям образца (краевой эффект).

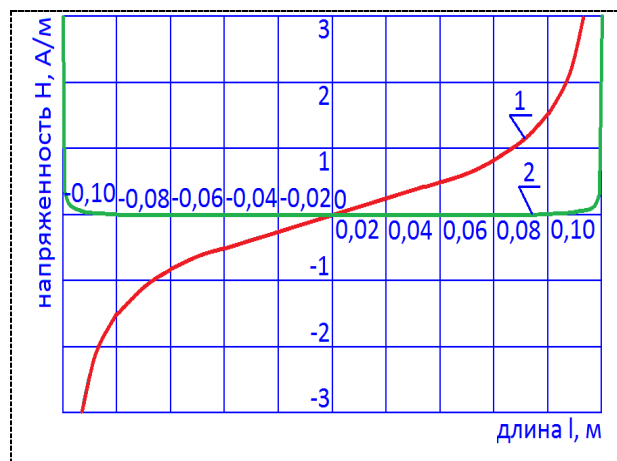


Рисунок 1. - Зависимости составляющих напряженности магнитного поля  $H=65$  А/см в остаточном поле по длине бездефектного образца №1, м:

- 1 - нормальная  $H_n$
- 2 - тангенциальная  $H_t$

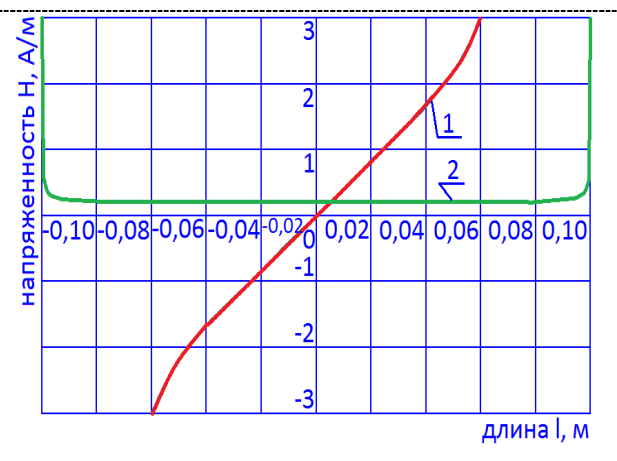


Рисунок 2. - Зависимости составляющих напряженности магнитного поля  $H=250$  А/см в остаточном поле по длине бездефектного образца №1, м:

- 1 - нормальная  $H_n$
- 2 - тангенциальная  $H_t$

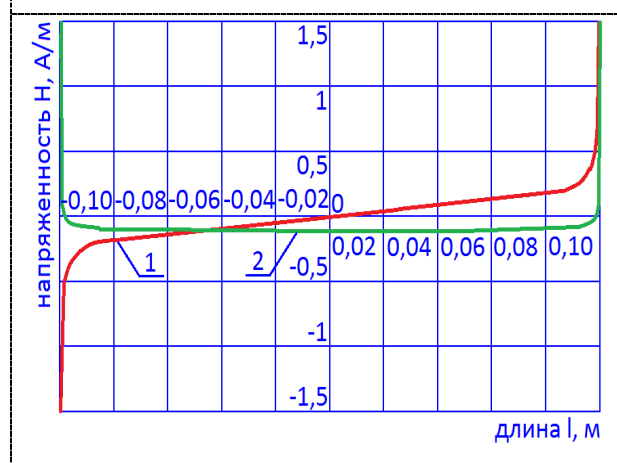


Рисунок 3. - Зависимости составляющих напряженности магнитного поля  $H=65$  А/см в приложенном поле по длине бездефектного образца №1, м:

- 1 - нормальная  $H_n$
- 2 - тангенциальная  $H_t$

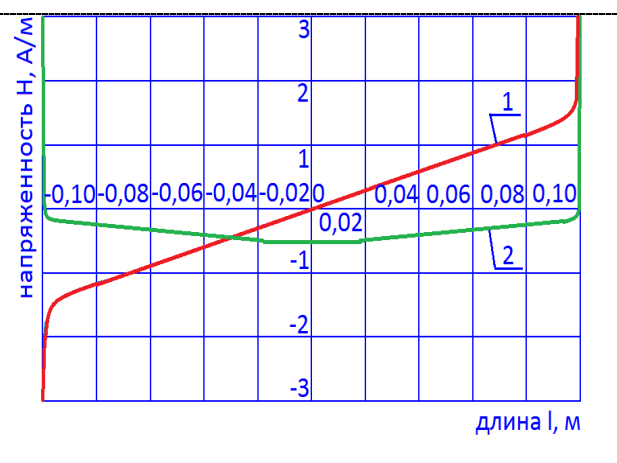


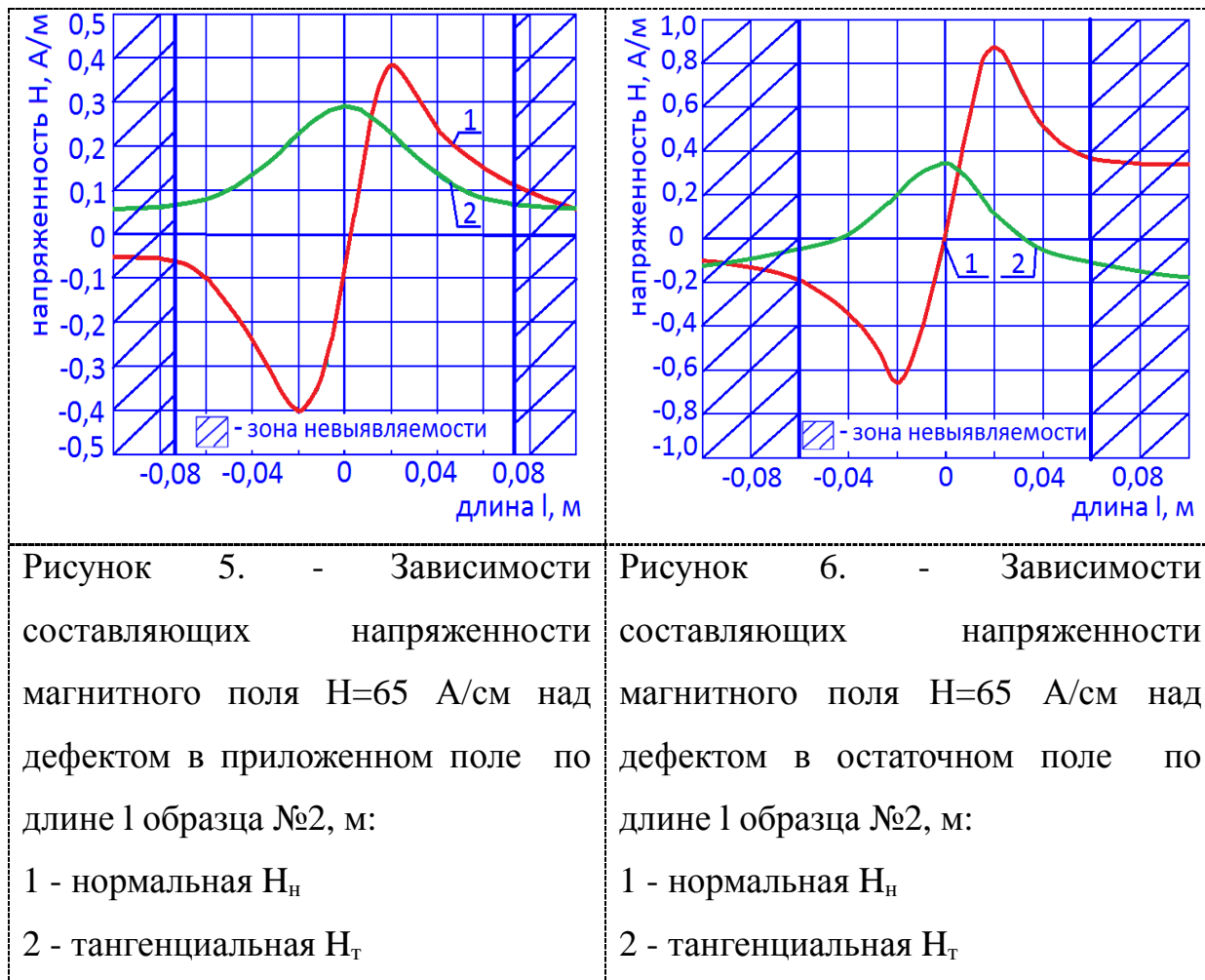
Рисунок 4. - Зависимости составляющих напряженности магнитного поля  $H=250$  А/см в приложенном поле по длине бездефектного образца №1, м:

- 1 - нормальная  $H_n$
- 2 - тангенциальная  $H_t$

Нормальная составляющая  $H_n$  на магнитной нейтрале меняет знак. С увеличением напряженности магнитного поля градиент нормальной составляющей увеличивается, что приводит к уменьшению зоны выявляемости дефектов и равномерному намагничиванию порошка на поверхность изношенных деталей.

После исследования нормальной  $H_n$  и тангенциальной  $H_t$  составляющих в бездефектном образце №1 выполняем искусственный дефект (надрез) глубиной 10 мм и шириной 1,6 мм, который расположен на расстоянии 100 мм от торцевой поверхности (образец №2). Распределение нормальной и тангенциальной составляющих напряженности магнитного поля получено при напряженности магнитного поля  $H=250$  А/см.

Установлено, что распределение нормальных составляющих  $H_n$  по длине 1 образца №2 не имеет существенных особенностей, связанных с различными магнитными характеристиками, поэтому режимы намагничивания присадочного порошка на детали с неопределенным химическим составом следует устанавливать по тангенциальной составляющей напряженности магнитного поля  $H_t$  (рис. 5-6). Кроме того, отношение  $H_n/H_t \leq 3$  является условием выявляемости внутренних усталостных трещин.



Таким образом, намагничивание присадочных порошков до процесса наплавки позволило использовать присадочный порошок в качестве индикаторного материала для обнаружения внутренних дефектов в деталях, после их предыдущей эксплуатации.



### Библиографический список

1. Вашурина М.А., Горохова М.Н., Соцкая И.М., Орлов П.С. Электроимпульсная наплавка ферропорошков // Материалы II всероссийской научно-практической конференции «История и перспективы развития транспорта на севере России: Сборник научных статей. – Ярославль: ООО «Принтхаус-Ярославль», 2013. – С.70-78.

2. Горохова М.Н., Черноиванов В.И., Соловьев Р.Ю. Патент № 2473413 РФ, МПК В23 К11/10, В23 К35/30. Способ нанесения покрытия с помощью электроконтактной сварки с использованием порошкового присадочного материала, содержащего железный порошок и присадочный материал для его осуществления. Опубл. 27.01.2013. Бюл. №3.

3. Горохова М.Н., Пучин Е.А., Соцкая И.М. Нанесение металлопокрытий комбинированным способом обработки на детали с неопределенным химическим составом: монография. – Рязань: Изд-во РГАТУ, 2013. – 58 с.

4. Горохова М.Н., Полищук С.Д., Чурилов Д.Г., Горохов А.А. Восстановление и упрочнение деталей ферромагнитными порошками в магнитном поле: монография. – Рязань: Изд-во РГАТУ, 2012. – 162 с.

### References

1. Vashurina M.A., Gorohova M.N., Sotskaya I.M., Orlov P.S. Electric pulse welding ferroporoshkov // Proceedings of the II All-Russian scientific-practical conference "History and prospects of transport in the north of Russia: Collected articles. - Yaroslavl: LLC "Printhaus-Yaroslavl», 2013. – P.70-78.

2. Gorohova M.N., Chernoiivanov V.I., Soloviev R.Y. Patent № 2473413 RF, IPC B23 K11/10, B23 K35/30. A method of coating using electric resistance welding with filler material powder containing an iron powder and a filler material for its implementation. Publ. 27.01.2013. Bull. №3.

3. Gorohova M.N., Puchin E.A., Sotskaya I.M. Metal plating combined method of treatment on the part of uncertain chemical composition: monograph. - Ryazan RGATA Publishing House, 2013. – 58 p.

4. Gorohova M.N., Polishchuk S.D., Churylov D.G., Horochow A.A. Restoring and strengthening parts of ferromagnetic powder in the magnetic field: the monograph. - Ryazan RGATA Publishing House, 2012. - 162 p.