

10. Информационные технологии в испытаниях сложных объектов: методы и средства / ред. Скорихин В.И. – К. Наук, думка. – 1990.- 320 с.

11. *Красносельский Н.И. и др.* Автоматизированные системы управления в связи. – М. радио и связь. – 1988. – 272 с.

*Поступила 3.03.2014р.*

УДК 621.8:629.1.04

В. Антонюк, С. Сандомирский, Объединенный институт машиностроения  
Национальной академии наук Беларуси

J. Jaroszewicz, Wydział Zarządzania, Politechnika Białostocka

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ОЦЕНКИ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ ПО ГРАДИЕНТУ ПОЛЯ ОСТАТОЧНОЙ НАМАГНИЧЕННОСТИ**

**Аннотация.** В трансмиссиях транспортных машин широко применяются диски трения. Для надежной работы дисков необходимо при их изготовлении обеспечивать отсутствие остаточных напряжений, которые во многих случаях могут стать причиной повышенного коробления деталей и преждевременного выхода из строя всего узла трения. Так как диски трения изготавливаются из сталей различных марок, то в качестве производственного неразрушающего метода контроля остаточных напряжений предлагается использовать явление магнитоупругого эффекта. Проведены исследования зависимости градиента поля от остаточной намагниченности и напряжения растяжения в образцах, которые показали сложный характер физических явлений и существенное различие показателя в различных точках дисков. Полученные результаты свидетельствуют об эффективности использования магнитоупругого эффекта для оценки уровня остаточных напряжений во фрикционных дисках.

**Abstract.** The research is based on dependence of gradient field and the residual magnetization and the tensile stress in the steel samples. The results show the complexity of the physical phenomena and a significant difference in the index of different points of friction discs. This is evidence of the effectiveness of using magneto-elastic effect to assess the level of residual stresses in friction discs.

### **Введение**

Фрикционные диски используются в большинстве современных транспортных машин – в автоматических коробках передач, гидромеханических передачах, бортовых фрикционах, тормозных устройствах. Фрикционные диски являются деталями малой жёсткости. Технологические процессы изготовления стальных дисков или стальной основы дисков включают операции вырубки на прессе или кислородно-лазерной резки, термоправки в электро-

печи в пакете, токарной обработки наружного и внутреннего диаметра, закалки с высоким отпуском, чернового шлифования поверхностей, нарезания зубьев наружных или внутренних, термофиксации в пакете, чистового шлифования поверхностей.

При изготовлении дисков возникают проблемы в обеспечении требуемой точности по отклонению от плоскостности. Для объективной оценки различных вариантов конструкции и технологии изготовления дисков необходима разработка методики и оборудования для производственного неразрушающего контроля остаточных напряжений.

Для устранения остаточных напряжений традиционно используются различные виды термической обработки, а также новый метод снижения остаточных напряжений – динамическая стабилизация [1]. В настоящее время отсутствуют эффективные методы производственного неразрушающего контроля остаточных напряжений в дисках.

К неразрушающим методам определения остаточных напряжений относятся:

- рентгеновский метод,
- тензометрический метод,
- магнитошумовой метод Баркгаузена,
- метод исследования магнитоупругого эффекта.

Первые три метода и не могут быть использованы для 100% производственного контроля. Метод исследования магнитоупругого эффекта более подходит к требованиям производственного контроля. Имеется информация об использовании магнитных свойств ферромагнитных сталей и чугунов для их сортировки по структуре [2].

### **Исследование магнитных свойств дисков**

Для исследования магнитных свойств дисков использовался сортировщик магнитный МС-1 (рис. 1) [2], с помощью которого производилось измерение градиента поля от остаточной намагниченности над местом контакта диска с полюсом постоянного магнита.

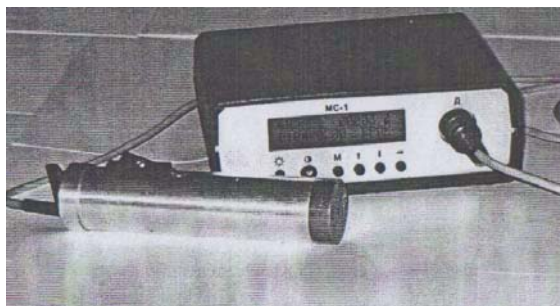


Рис. 1. Сортировщик магнитный МС1

Основные характеристики магнитного сортировщика МС1 приведены в табл. 1.

В качестве объекта исследования были выбраны диски многодисковых маслоохлаждаемых тормозов карьерных самосвалов БелАЗ, общий вид дисков представлен на рис. 2, а технические характеристики выбранных для исследований дисков – в таблице 2 [3].

Таблица 1

Технические характеристики сортировщика магнитного МС1

Параметры	Единицы измерения	Значение
Диапазон измерения градиента напряженности магнитного поля	А / м <sup>2</sup>	2 · 10 <sup>2</sup> – 1,5 · 10 <sup>5</sup>
Погрешность измерения, не более	%	5
Напряженность магнитного поля на торце датчика в режиме намагничивания, не менее	кА/м	40



Рис. 2. Тормозные диски многодисковых маслоохлаждаемых тормозов карьерных самосвалов

Таблица 2

Параметры исследуемых дисков

Номер диска	Марка стали диска	Твердость HRC	Условия поставки	Д мм, наружный диаметр диска	d мм, внутренний диаметр диска	h мм, толщина стальной основы диска
7555	65Г	26...32	Горячекатаный лист	585	397	3
75570	65Г	26...32	Горячекатаный лист	885	652	3
7528	65Г	26...32	Горячекатаный лист	490	334	3

Измерение градиента поля от остаточной намагниченности проводилось на среднем радиусе по ширине рабочей поверхности диска. Значение среднего радиуса и количество точек для измерения было принято для разных дисков согласно данным, приведенных в таблице 3.

Таблица 3

Значение среднего радиуса и количество точек для измерения исследуемых дисков

Номер диска	D мм, наружный диаметр диска	Количество точек для измерения
7555	585	16
75570	885	26
7528	490	17

Каждое измерение проводилось дважды, по результатам измерений были построены графические зависимости распределения градиента поля от остаточной намагниченности по окружности дисков, которые представлены на рис. 3 – 5. На каждом графике приведены результаты первого и второго измерения, а также измерения, проведенного спустя 3 месяца.

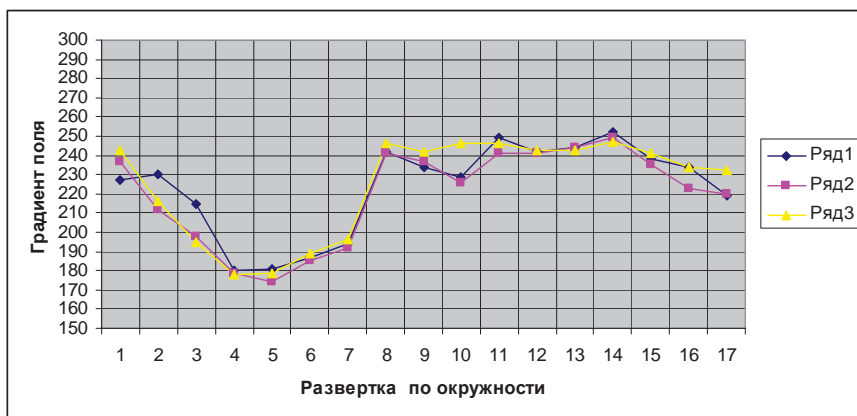


Рис. 3. Изменение значений градиента поля от остаточной намагниченности по окружности диска 7528

Измерение градиента поля дисков 7528 и 7555 показало значительную разницу в значениях градиента поля от остаточной намагниченности по окружности для исследуемых дисков. Первое и второе измерение градиента поля от остаточной намагниченности на дисках 7528 и 7555 имеет полное совпадение, на диске 75570 имеется некоторое отличие, что можно объяснить несовпадением точек первого и второго измерения.

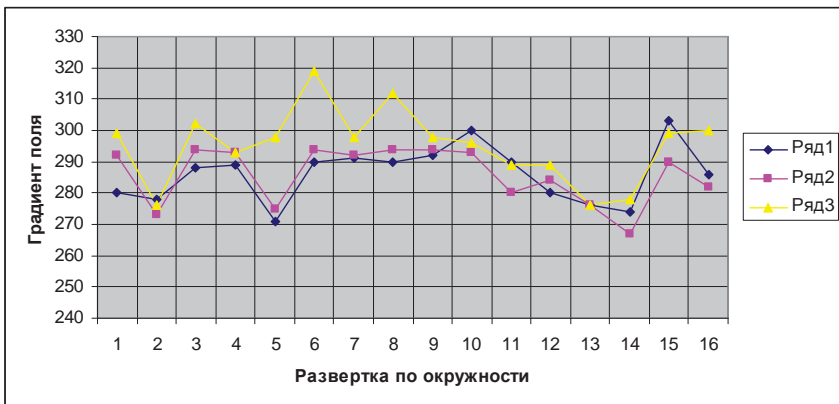


Рис. 4. Изменение значений градиента поля от остаточной намагниченности по окружности диска 7555

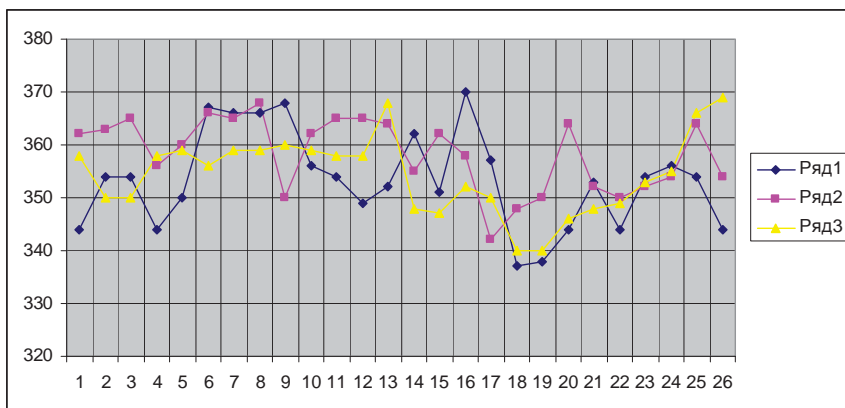


Рис. 5. Изменение значений градиента поля от остаточной намагниченности по окружности диска 75570

Существенная разница в значениях градиента поля от остаточной намагниченности по окружности дисков позволяет прогнозировать наличие различных структурных свойств материала диска по окружности или наличие разных остаточных напряжений.

С целью выявления причин существенной разницы в значениях градиента поля от остаточной намагниченности по окружности дисков было проведено исследование взаимосвязи градиента поля от остаточной намагниченности от напряженного состояния материала диска.

## Исследование взаимосвязи градиента поля от остаточной намагниченности от напряженного состояния

Для проведения этих исследований были вырезаны из диска 75570 стандартные образцы для исследования на растяжение (рис. 6).

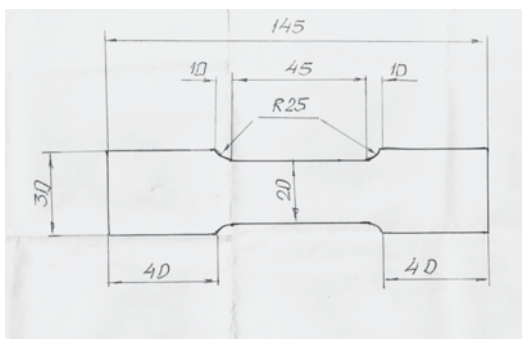


Рис. 6. Образец для исследования материала диска на растяжение

Для испытания образцов на растяжение использовалась испытательная машина модели LX (рис. 7).

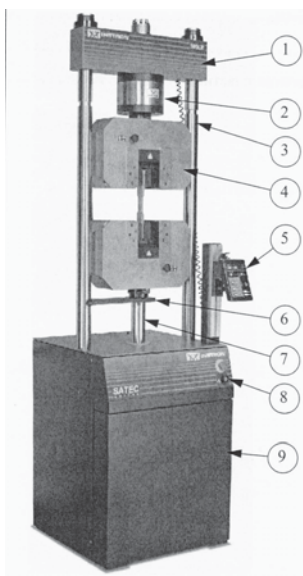


Рис. 7. Испытательная машина модели LX

Программа испытаний включала проведение измерения градиента поля от остаточной намагниченности с использованием сортировщика магнитного МС1 в средней точке образца при различных напряжениях в образце. По результатам измерений были построены графические зависимости градиента

поля от остаточной намагниченности и напряжения растяжения в образцах, которые представлены на рис. 8.

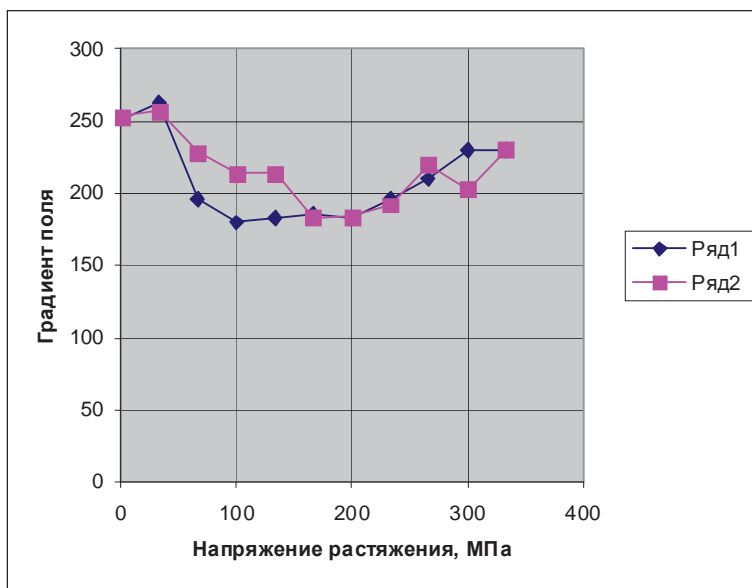


Рис. 8. Зависимости градиента поля от остаточной намагниченности и напряжения растяжения в образцах

В результате проведенных исследований выявлено:

- снижение градиента поля от остаточной намагниченности до 30% при достижении напряжений растяжений порядка 100 МПа,
- сохранение неизменным градиента поля от остаточной намагниченности при достижении напряжений растяжений от 100 до 250 МПа,
- рост градиента поля от остаточной намагниченности примерно на 10% при достижении напряжений растяжения от 250 до 330 МПа, что соответствует пределу текучести.

### Заключение

1. Причиной существенных изменений градиента поля от остаточной намагниченности в исследуемых дисках могут быть как прижоги от шлифования и, соответственно, структурные изменения в материале, остаточные напряжения и т.д.

2. Зависимость градиента поля от остаточной намагниченности и напряжения растяжения в образцах имеет сложный характер: градиент поля снижается в зависимости от остаточной намагниченности до 30% при достижении напряжения растяжения 100 МПа, практически не зависит от

остаточной намагниченности при изменении напряжения растяжения от 100 до 250 МПа, возрастет в зависимости от остаточной намагниченности примерно на 10% при изменении напряжения растяжения от 250 до 330 МПа, что соответствует пределу текучести.

3. Полученные результаты показали целесообразность проведения дальнейших исследований возможностей использования градиента поля от остаточной намагниченности для оценки качества технологии изготовления дисков.

1. *Антонюк В.Е.* Динамическая стабилизация геометрических параметров деталей знакопеременным нагружением. – Минск: УП «Технопринт», 2004. – 184 с.

2. *Сандомирский С.Г.* Применение полюсного намагничивания в магнитном структурном анализе (обзор) // Дефектоскопия. 2006. № 9. С. 36 – 64.

3. *Antoniuk V.E., Jaroszewicz J., Karpiuk A.*, The possibilities of dynamic stabilisation increasing accuracy of geometrical parameters of non-rigid details, *Energia w nauce i technice* 2013, Białystok-Kleosin, s. 87 – 97.

*Поступила 24.02.2014р.*

УДК 655.28.022.2

Б.М. Гавриш<sup>3</sup>, О.В. Тимченко<sup>3,4</sup>

## МЕТОДИ ОПРАЦЮВАННЯ ПОТОКУ ЦИФРОВИХ ДАНИХ В ПРОЦЕСОРАХ РАСТРОВИХ ПЕРЕТВОРЕНЬ

**Анотація.** Проведений аналіз методів, застосовуваних в поліграфічному процесі для попереднього опрацювання потоку цифрових даних у форматі PostScript в системах процесорів растрових перетворень (ПРП), в тому числі комбіноване PDF/PostScript перетворення.

**Ключові слова.** Мова PostScript, тонопередача, трепінг, растрові перетворення.

**Abstract.** The analysis methods used in the printing process for pre-processing a stream of digital data in PostScript format in raster transformation processor systems (ERP), including combined PDF / PostScript conversion.

**Keywords.** Language PostScript, tone reproduction, trapping, raster conversion.

### Вступ

Одним з елементів процесу отримання фотоформ і відповідно якісної поліграфічної продукції є попереднє опрацювання зображень, призначених

---

<sup>3</sup> Українська академія друкарства

<sup>4</sup> Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie