

## КОНТРОЛЬ СТРУКТУРНОГО СОСТОЯНИЯ ФЕРРОМАГНИТНОГО МАТЕРИАЛА ПО КРИВОЙ ПЕРЕМАГНИЧИВАНИЯ

*Верпета Михаил Ярославович*

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет,  
г. Томск*

E-mail: verpeta06.03.94@gmail.com

## CONTROL OF THE STRUCTURAL STATE OF FERROMAGNETIC MATERIAL ON THE CURVE OF REMAGNATIONAL

*Verpeta Mikhail Yaroslavovich*

*National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk*

**Аннотация:** Статья посвящена разработке нового многопараметрового прибора для магнитной структуроскопии. Установка позволяет проводить исследования, как для материала, так и для индивидуальных образцов (прутков). Прибор позволяет измерять все характеристики петель гистерезиса (коэрцитивную силу, остаточную индукцию, величину поля технического насыщения и индукцию насыщения, а так же первоначальную кривую намагничивания) в режиме реального времени.

**Abstract:** The article is devoted to the development of a new multiparameter device for magnetic structuroscopy. The installation allows to carry out researches both for a material, and for individual samples (rods). The instrument allows to measure all characteristics of the hysteresis loops (coercive force, residual induction, technical saturation field value and saturation induction, as well as the initial magnetization curve) in real time.

**Ключевые слова:** петля гистерезиса; коэрцитивная сила; остаточная индукция; поле насыщения; индукция насыщения; магнитная структуроскопия; неразрушающий контроль; первоначальная кривая намагничивания.

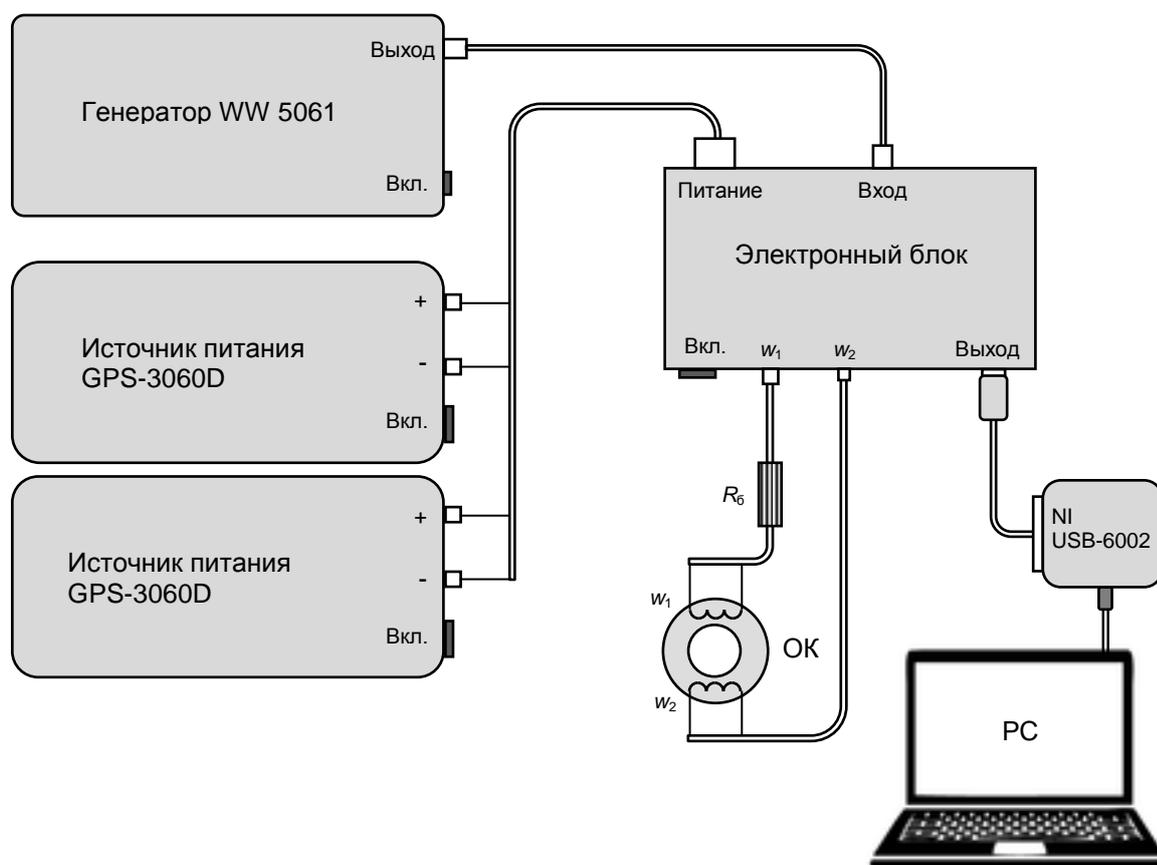
**Keywords:** hysteresis loop; coercive force; residual induction; saturation field; saturation induction; magnetic structuroscopy; non-destructive testing; initial magnetization curve.

В настоящее время существует множество методов и средств магнитной структуроскопии, но все они в большинстве своём так или иначе устарели или оказались не актуальны, в результате чего появилась задача создания новой высокопроизводительной, многопараметровой, высокоточной и автоматизированной системы магнитной структуроскопии, позволяющей проводить измерения в режиме реального времени, отвечающей требованиям ГОСТ 8.377-80 [1–5].

Для измерения магнитных характеристик исследуемых материалов должны быть подготовлены образцы, удовлетворяющие требованиям ГОСТ 8.377-80 «Материалы магнитомягкие. Методика выполнения измерений при определении статических магнитных характеристик». В случае необходимости используемая измерительная установка позволяет проводить измерения на образцах с другими геометрическими размерами.

Для измерения магнитных параметров и определения основной кривой намагничивания и петли магнитного гистерезиса используют кольцевые образцы, геометрические параметры которых должны быть измерены с погрешностью менее  $\pm 0,5\%$ .

Для измерения магнитных характеристик материала образцов в ГОСТ 8.377-80 рекомендуется использовать оборудование, реализующее метод ступенчатого изменения тока намагничивания и определения магнитной индукции интегрированием ЭДС индукционной обмотки с помощью баллистического гальванометра либо веберметра. При соблюдении требований стандарта погрешности измерения с доверительной вероятностью 0,95 не превышают для магнитной индукции  $\pm 3\%$  и для напряженности магнитного поля  $\pm 2\%$ .



*Рис. 1. Схема электрических соединений системы измерения магнитных характеристик MS-1*

Система измерения магнитных характеристик MS-1 предназначена для измерения статических магнитных характеристик  $B_s$ ,  $B_r$ ,  $H_s$ ,  $H_c$ , предельных и частных симметричных гистерезисных циклов, основной кривой намагничивания, зависимостей  $\mu_n(H)$  и  $\mu_d(H)$ , а также относительных значений амплитуд нечетных гармоник индукции для образцов из разных марок стали. Результаты измерений могут быть использованы для установления

корреляционных связей магнитных и структурно-механических параметров ферромагнитных объектов [6, 7].

На рис. 1 показан состав MS-1 и схема соединений отдельных блоков.

Программное обеспечение системы измерений магнитных характеристик реализовано с использованием пакета программ LabView.

Вычислительным блоком осуществляется автоматическая компенсация аддитивных составляющих погрешностей измерения индукции магнитного поля в образце, вычисление значений статических магнитных характеристик, визуализация процесса измерения, индикация и сохранение результатов измерений, запись этих результатов в файл [8].

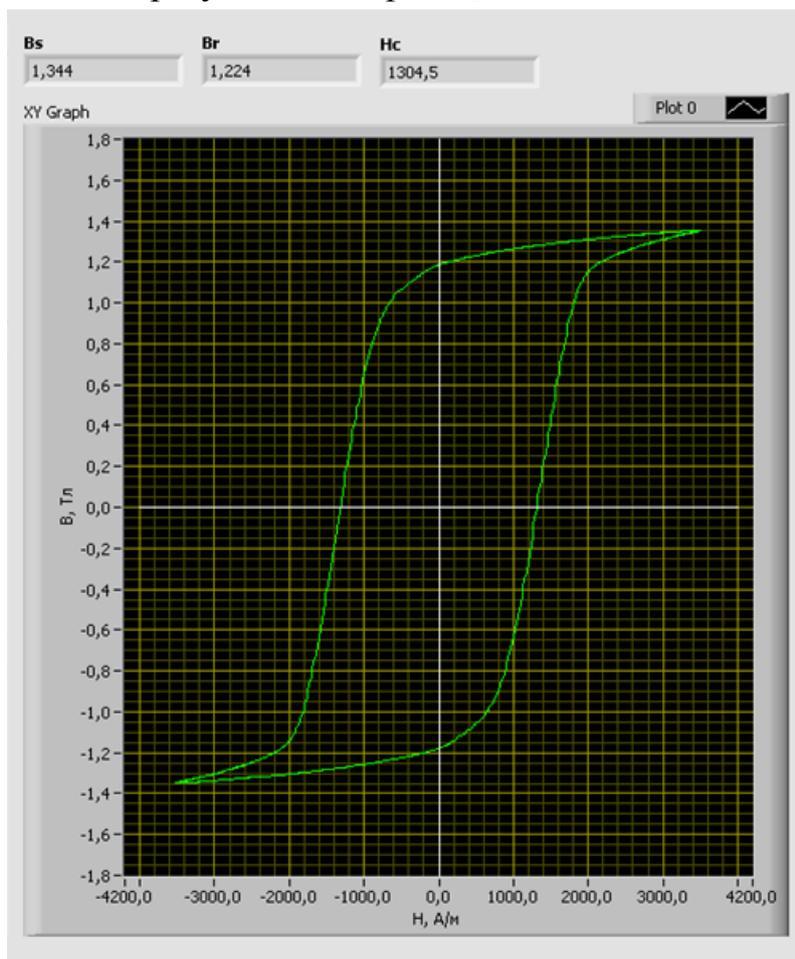


Рис. 2. Петля гистерезиса для образца из стали ШХ15

Результаты измерений магнитных параметров отображаются автоматически. Следует только учитывать, что программой измерений предусмотрено усреднение результатов за пять циклов измерений. Поэтому достоверный результат может быть получен только после 5 с после изменения какого-либо параметра контроля.

После проведения всех необходимых измерений производится нажатие кнопки «STOP». В случае предварительно активированной кнопки «Запись»

система предложит сохранить файл в выбранной папке с записанными данными в формате текстовых файлов.

На рис. 2 в качестве примера показан отображаемый в интерфейсе программы результат измерения магнитных характеристик стали ШХ15.

При подготовке образцов в соответствии с требованиями ГОСТ 8.377-80, п. 2.1 и проведении измерений в условиях, соответствующих ГОСТ 8.377-80, п. 2.2 относительная погрешность измерения напряженности магнитного поля не превышает  $\pm 1,5$  %, а относительная погрешность измерения индукции магнитного поля –  $\pm 2,5$  % [3].

Указанные выше метрологические параметры могут быть проверены путем проведения калибровки измерительной установки с использованием входящих в состав дополнительного оборудования контрольных образцов.

### Список литературы

1. ГОСТ 24450-80. Контроль неразрушающий магнитный. Термины и определения. – М.: Издательство стандартов, 1981. – 12 с.
2. ГОСТ 19693-74. Материалы магнитные. Термины и определения. – М.: Издательство стандартов, 1986. – 34 с.
3. ГОСТ 8.377-80. Материалы магнитомягкие. Методика выполнения измерений при определении статических магнитных характеристик. – М.: Издательство стандартов, 1980. – 28 с.
4. ПБ 03-440-02. Правила аттестации персонала в области неразрушающего контроля. Серия 28. Выпуск 3. – М.: ЗАО «НТЦ исследований проблем промышленной безопасности», 2010. – 58 с.
5. ГОСТ 12.0.004-90 ССБТ. Организация обучения безопасности труда. Общие положения. – М.: Стандартинформ, 2010. – 16 с.
6. Гольдштейн А.Е. Физические основы получения информации: учебник. – Томск: Изд-во ТПУ, 2010. – 292 с.
7. Гольдштейн А.Е., Абрашкина И.А. Физические основы измерительных преобразований. Моделирование измерительных преобразований и решение практических задач: Учебное пособие / А.Е. Гольдштейн, И.А. Абрашкина – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2012. – 143 с.
8. Неразрушающий контроль. Справочник / под ред. В.В. Клюева: в 8 томах. Т 6: в 3-х кн.: Кн. 1: Магнитные методы контроля. – М.: Машиностроение, 2006. – 848 с.