**Устройство для измерения магнитных характеристик ферромагнитных материалов при объемном напряженном состоянии**

О. Л. Фиговский, Н.П. Кудрявцев, Е.О. Ольховик

*Polymate Ltd - Israel Research Center, P.O.Box 75, Migdal HaEmek 23100, Israel*

**Аннотация:** В этой статье приводятся сведения об устройстве для измерения физических величин ферромагнитных материалов. Подробно разобрана и наглядно показана конструкция этого устройства.

**Ключевые слова:** ферромагнитные материалы, параметры, измерения, устройство, конструкция, объемное напряженное состояние.

**ВВЕДЕНИЕ**

На сегодняшний день существуют множество видов конструкций устройств для определения магнитных ха­рактеристик образцов материалов в режиме переменных по величи­не и снеку напряжений от гидравлической машины с на­мотанными на образец измерительными и намагничивающими обмотками [1-3], а также устройство с напряжением образца системой пружин и намагничивающей системой с обратной связью [4]. Эти устройства позволяют проводить измерения магнитных характеристик в усло­виях одноосного растяжения или сжатия, однако, поскольку в реаль­ных технических объектах, напряженное состояние, как правило, объ­емное, получаемой с помощью известных устройств информации не­достаточно для практических целей

Известна, так же, конструкция подобного устройства для измерения маг­нитных характеристик ферромаг­нитных материалов выбран­ная в качестве прототипа содержащая нагрузочный механизм с испол­нительным штоком и пружинным динамометром, измерительную об­мотку и секционированную намагничивающую обмотку, расположен­ную на раме с источником питания и коммутатором [5].

Недостатком известной конструкции является невозможность из­мерения магнитных характеристик при объемном напряженном со­стоянии, а также низкая точность измерения вследствие наличия по­мех, в частности, привода собственного электродвигателя.

Целью разработки данного устройства является измерение магнитных характеристик ферромагнитных материалов при объемном напряжен­ном состоянии с использованием оригинальной методики объемного нагружения, описанной в работе [6].

1. **Устройства для измерения магнитных харак­теристик**

Ранее описано устройство [5] для измерения магнитных характеристик ферромагнитных материалов со­держащих нагрузочный механизм с валом ввода мощности и тензодинамометром, измерительную и секционированную намагничиваю­щую обмотку, расположенную на раме с источником питания и коммутатором. У него введен затвор, а рама выполнена в виде камеры высокого давления, причем нагрузочный механизм в виде винтовой пары по­следовательно соединен с образцом и тензодинамометром, а устройство магнитных измерений также помещено в камеру высокого давления.

Сопоставительный анализ с прототипом позволяет сделать вывод, что эквивалентное устройство для измерения магнитных характеристик ферромагнитных материалов отличается тем, что на нем рама выполнена в виде камеры высокого давления, вве­ден затвор. Таким образом, заявленное техническое решение соответствует критерию «новизны». Сравнение заявленного ре­шения не только с прототипом, но и с другими техническими реше­ниями в данной области техники не позволило выявить в нем признаки, отличающие заявленное решение от прототипа, что позволяет сделать вывод о соответствии критерию «существенные отличия».

1. **Обзор устройства для измерения магнитных характеристик ферромагнитных материалов при объемном напряжен­ном состоянии**

Разработанное устройство относится к области измерений физических величин. В частности к конструкции устройства для измерения магнитных харак­теристик ферромагнитных материалов, например, намагниченности конструкционных сталей при объемном напряженном состоянии.

На рисунке 1 показан чертеж, на котором представлено про­дольное сечение устройства.

Устройство содержит камеру высокого давления 8. Сверху камера высокого давления запирается Фланцем 16 внутри, которого располо­жен вал ввода мощности 12 установленный в упорные подшипники 14 и 15. Вращение вала 12 осуществляется с помощью червячно-винтовой пары. Снизу камера запирается обтюратором 2, в котором распо­ложены электропроводы в виде обратных конусов 30. Герметизация каме­ры осуществляется с помощью трех уплотнений 17,18 и 1, изготовленных из фторопласта-4,

Исследуемый образец 22 с намотанной на него измерительной обмоткой 31 вставляется П-образный сердечник 33, на котором расположена намагничивающая обмотка 32, закрепляет­ся в верхний 9 и нижний 23 захваты, при этом нижний захват последовательно соединен с тензодинамометром 7, а верхний захват соединен с валом ввода мощности 12. Выводы от элект­рических сигналов измерительной и намагничивающей обмоток, а также тензодинамометра производится с помощью контактов 28, закрепленных в текстолитовых пластинах 3 и 29, закреп­ленных на обтюраторе 2. Выводы обмоток 31 и 32, а также от тензодатчиков 6, расположенных на тензодинамометре, прикрепляются к пластине 4 из фольгированного текстолита, в которую упираются контакты 28.

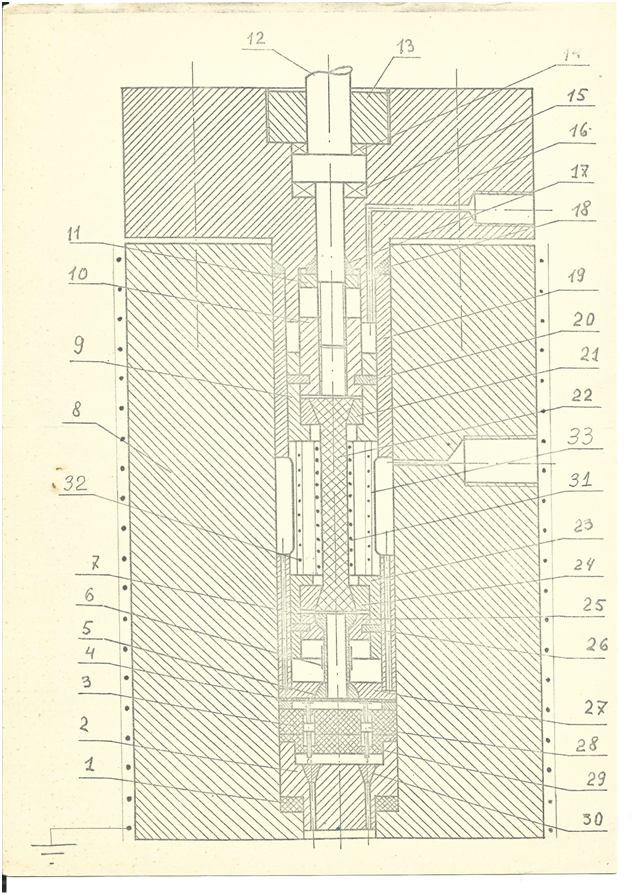


Рисунок 1. Устройство из­мерения магнитных характеристик ферромагнитных материалов при объемном напряжен­ном состоянии, в разрезе.

Пластина 3 жестко крепится к тензодинамометру 5. Образец с П-образным сердечником, захваты, тензодинамометр располагаются в измерительной ячейке 19, которая крепится к затвору. Затвор с расположенными в нем, указанными выше, элементами вставляется в канал камеры высокого давления. Отверстие в затворе предназначено для подачи жидкости, создающей трехос­ное (гидростатическое) сжатие образца.

Циклическое вращение вала 12 приводит к напряжению образца осе­вой (растягивающей или сжимающей) силой при различных величинах гидростатического давления и таким образом достигается объемное напряженное состояние при различных величинах грех главных на­пряжений.

Устройство работает следующим образом. Образец 22 закрепляется в верхний и нижний захваты. Далее образец помещается в каме­ру высокого давления, и установка закрывается фланцем. В дальнейшем с помощью червячно-винтовой пары и вала ввода мощно­сти в образце создается объемное напряженное состояние.

Его реа­лизация осуществляется так: с помощью гидростатического давления образец находится в условиях трехосного сжатия при равенстве трех главных напряжении давлению, накладывая затем растягиваю­щее или сжимающее напряжение путем вращения вала 12 возможно создать объемное напряженное состояние при произвольном соот­ношении между главными напряжениями.

Ток в цепи обмотки измеряется при помощи амперметра электродинамической системы, а ЭДС в обмотке 31 измеряется ламповым вольтметром. Для регулировки тока используют автотрансформатор.

Устройство может работать в автоматическом режиме, осуществ­ляя непрерывно циклы растяжение-сжатие при различных величинах гидростатического давления.

Устройство для измерения магнитных характеристик ферромагнитных материалов содержащее нагрузочный механизм с валом ввода мощности и тензодимамометром, измерительную обмотку и секциониро­ванную намагничивающую обмотку, расположенную на раме с источ­ником питания и коммутатором, отличающееся тем, что с целью измерения ферромагнитных характеристик ферромагнитных материа­лов при объемном напряженном состоянии в условиях наличия магнитных помех в устройство введен затвор, а рама выполнены в виде камеры высокого давления, причем нагрузочный механизм в виде винтовой пары, последовательно соединенный с образцом и тензодинамометром, а также измерительная и намагничивающая обмотки помещены в камеру высокого давления, которая изготовлена из не­магнитного материала.

Измерительная обмотка выполнена из двух частей намотанных в противоположных направлениях и соединенных последовательно с равным произведением проекций площадей на число витков.

**Литература**

1. Libutrie “Annales de Physique”, V.6, IX - X, 1951, pp. 781-826.
2. Голубев А.А., Игнатьев В.К. Измерение тензорных величин магнитного поля в микроструктурном анализе ферромагнитных материалов // Инженерный вестник Дона, 2011, №3 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2011/473.
3. Игнатьев В.К., Якимец А.Л. Криозондовый магнитометр материалов // Инженерный вестник Дона, 2012, №4 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/ n4p1y2012/1274.
4. Кулеев В.Г. Дефектоскопия, №9. 1985, стр. 33-42.
5. А.с. СССР N748307, GО1P 3312. 1980, БИ.
6. Olkhovik E.O., Figovsky O.L. Forecasting of Longtime and Cyclic Durability of Constructive Material under Volume Tension, “Scientific Israel-Technological Advantages”, vol.1, №3, 1999, pp. 16-23.

**References**

1. Libutrie “Annales de Physique”, V.6, IX - X, 1951, pp. 781-826.
2. Golubev A.A., Ignat'ev V.K. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2011, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2011/473.
3. Ignat'ev V.K., Jakimec A.L. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2011, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p1y2012/1274.
4. Kuleev V.G. Defektoskopija, №9. 1985, рр. 33-42.
5. A.s. SSSR N748307, GO1P 3312. 1980, BI.
6. Olkhovik E.O., Figovsky O.L. Forecasting of Longtime and Cyclic Durability of Constructive Material under Volume Tension, “Scientific Israel-Technological Advantages”, vol.1, №3, 1999, pp. 16-23.